

UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON
- MEDECINE -
U. E. R. GRANGE-BLANCHE

Année 1977 - N° 618

**COMPARAISON DU TECHNETIUM 99 m
ET DE L'IODE RADIOACTIF
DANS L'EXPLORATION SCINTIGRAPHIQUE
DE LA THYROIDE**

(A propos de 290 malades)

(Travail du service des radio isotopes du Centre Léon Bérard
Directeur : Professeur MAYER)

THESE

présentée

à l'Université Claude-Bernard - LYON

et soutenue publiquement le 20 Décembre 1977

pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

par

Jacques MANEVAL

né le 6 Mai 1949

à LYON (Rhône)

219

UNIVERSITÉ CLAUDE-BERNARD - LYON

- MÉDECINE -

M. E. M. GRANDE-BLANCHE

Année 1927 - 1928

COMPARAISON DU TROUSSEAU DE SYMPTÔMES

ET DE L'ÉVOLUTION CLINIQUE

DANS L'ÉPIDÉMIOLOGIE DES TYPHOÏDES

PAR M. E. M. GRANDE-BLANCHE

Digitized by the Internet Archive
in 2026

THÈSE

présentée

à l'Université Claude-Bernard - LYON

et soutenue publiquement le 20 Décembre 1927

pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

JACQUES MANEVAL

ad. m. e. m.

https://archive.org/details/IA41545320_0008

UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON
- MEDECINE -
U. E. R. GRANGE-BLANCHE

Année 1977 - N°

**COMPARAISON DU TECHNETIUM 99 m
ET DE L'IODE RADIOACTIF
DANS L'EXPLORATION SCINTIGRAPHIQUE
DE LA THYROIDE**

(A propos de 290 malades)

(Travail du service des radio isotopes du Centre Léon Bérard
Directeur : Professeur MAYER)

THESE

présentée

à l'Université Claude-Bernard - LYON

et soutenue publiquement le 20 Décembre 1977
pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

par

Jacques MANEVAL

né le 6 Mai 1949

à LYON (Rhône)

UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD - LYON

- MÉDECINE -

M. C. R. GRANGE-BLANCHE

Année 1977 - 78

COMPARAISON DU TECHNETIUM 99 m
ET DE L'IOGÉ RADIOTIQUE
DANS L'EXPLORATION SCINTIGRAPHIQUE
DE LA THYROÏDE

(A propos de 220 malades)

(Travail du service des radiologies du Centre Léon Bérard)
Directeur : Docteur MAYER



THÈSE

Présentée

à l'Université Claude-Bernard - LYON

et soutenue publiquement le 30 Décembre 1977
pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

par

Jacques MANEVAL

né le 5 Mai 1949

à LYON (Rhône)

— UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I —

Président de l'Université	M. le Professeur D. GERMAIN
Vice Président	M. le Professeur E. ELBAZ
Deuxième Vice Président	M. B. ROUSSET
Troisième Vice Président	M. R. LOPEZ
Secrétaire Général	M. RAMBAUD

UNITES D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE DE L'UNIVERSITE :

Médecine : GRANGE BLANCHE	M. le Docteur B. SALLE (MCA)
ALEXIS CARREL	M. le Professeur R. MORNEX
SUD-OUEST	M. le Professeur J. NORMAND
LYON NORD	Directeur : M. le Docteur J.P. NEIDHARDT
	Directeur honoraire : M. le Professeur A. BERTOYE
Biologie Humaine	M. le Docteur J.P. REVILLARD (MCA)
Techniques de Réadaptation	M. le Docteur A. MORGON (MCA)
Sciences Pharmaceutiques	M. le Professeur BIZOLLON
Sciences Odontologiques	M. le Docteur R. VINCENT
Institut régional d'éducation physique et sportive ..	Président du conseil d'UER : M. le Professeur
	R. GUILLET,
	Directeur M. A. MILLON
Mathématiques	M. le Professeur E. COMBET
Physique	M. le Professeur J. DELMAU
Chimie et Biochimie	M. le Professeur J. HUET
Sciences de la Nature	M. le Professeur R. GINET
Sciences Physiologiques	Mlle le Professeur J.F. WORBE
Institut Universitaire et Technologie n°1	M. le Professeur B. POUYET
Institut Universitaire et Technologie n°2	M. J. GALLET (Directeur ENSAM)
Observatoire	M. M. MONNET (Astronome Adjoint)
Physique Nucléaire	M. le Professeur GUSAKOW
Mécanique	Mlle le Professeur G. COMPTE-BELLOT.



Examineurs de la thèse :

Président : Monsieur le Professeur M. BERGER

Assesseurs : Monsieur le Professeur M. MAYER
Monsieur le Docteur B.E. LAHNECHE.
Monsieur le Professeur G. MEYNIEL

A mes parents,

A mes beaux-parents,

A ma famille,

A mes amis,

Merci.

Pour

ANNIE, NICOLAS et MATTHIEU.

A NOTRE PRESIDENT DE THESE

MONSIEUR LE PROFESSEUR M. BERGER

Nous n'avons pas eu la chance de travailler dans son service; il nous a dispensé son enseignement pendant nos premières années, et a su nous donner l'impulsion qui nous a permis d'arriver à ce jour.

Qu'il veuille bien recevoir l'expression de notre respectueuse admiration; et nos remerciements pour l'honneur qu'il nous accorde en acceptant la présidence de notre jury.

A NOS MAITRES ET NOS JUGES

MONSIEUR LE PROFESSEUR M. MAYER

Il nous a fait l'honneur de nous admettre au
Centre Léon Bérard.

Nous espérons l'avoir intéressé avec ce sujet.

Nous lui témoignons ici notre reconnaissance
et notre grand respect.

MONSIEUR LE DOCTEUR B.E. LAHNECHE
Maitre de conférences agrégé.

Il nous a fait l'honneur de nous confier
ce travail qui lui était particulièrement
cher.

Nous espérons en avoir été digne; et nous
tenons à le remercier pour la confiance qu'il
nous a accordée.

Qu'il veuille bien accepter le témoignage
de notre reconnaissance et de notre profond
respect.

MONSIEUR LE PROFESSEUR G. MEYNIEL

Doyen de la faculté de médecine de Clermont-Ferrand.

Nous sommes très sensible à l'honneur qu'il
nous fait de bien vouloir juger ce travail.

Qu'il nous permette de lui exprimer notre
respectueuse admiration.

Nous tenons à remercier tout particulièrement l'équipe du Laboratoire des isotopes du Centre Léon Bérard, qui, par son aide quotidienne et efficace nous a permis d'achever ce travail qui est aussi le sien.

A Mesdames Ragouneau, Girel, Girerd et Charvot pour leur gentillesse.

A Messieurs les assistants

Monsieur Ardiet,

Monsieur le Docteur Chauvot,
pour leur aide.

PLAN

Introduction.

Les radio-traceurs utilisables en scintigraphie thyroïdienne.

- I Propriétés radio-actives de l'iode I3I.
- II Propriétés radio-actives de l'iode I23.
- III Propriétés radio-actives du technetium 99m.
- IV Cinétique du pertechnetate dans l'organisme.
- V Le problème de l'irradiation des patients.

Statistique personnelle.

- I Répartition des malades.
- II Méthodologie de l'exploration scintigraphique.
 - 1) Réalisation de la scintigraphie thyroïdienne.
 - 2) Expression des résultats de l'exploration scintigraphique.
- III Résultats de la comparaison des scintigraphies.
 - 1) Les éléments de comparaison.
 - 2) Les comparaisons visuelles des scintigraphies.
 - 2-1 Les types de réponse.
 - 2-2 Les résultats des comparaisons chez l'ensemble de nos 290 malades.
 - 2-3 Résultats des comparaisons 99 mTc-I I3I.
 - 2-4 Résultats des comparaisons 99 mTc-I I23.
 - 2-5 Résultats des comparaisons avec les scintigrammes tardifs avec le technetium 99m.
 - 2-6 Conclusion.
 - 3) Comparaisons des index de fixation et de concentration du technetium 99m et de l'iode I3I en regard de zones homologues.
Conclusion.
 - 4) Comparaison des scintigraphies des pièces opératoires et des scintigraphies pré-opératoires.
 - 5) Conclusion.

Observations.

Résultats de la littérature.

Interprétation des résultats.

I Conditions de validité.

II Bases physiques de la comparaison des documents.

III Bases physiologiques de la comparaison des documents.

Conclusion.

INTRODUCTION

Depuis plus de 25 ans, l'exploration radioisotopique et en particulier scintigraphique de la thyroïde est réalisée essentiellement après ingestion d'iode ¹³¹I. L'expérience acquise a permis : (74)

- . la description d'une séméiologie pathologique
- . l'interprétation physio pathologique de cette séméiologie (basée en particulier sur les confrontations avec les données anatomo pathologiques)
- . la discussion des indications thérapeutiques.

En fonction des concentrations "apparentes" sur les scintigrammes, de l'iode ¹³¹I en regard du parenchyme sain et du parenchyme pathologique, les scintigrammes pratiqués à la 24^è heure permettent la classification suivante :

- nodules isolés

- . homogènes sur les scintigrammes :
froid - tiède - chaud non extinctif - chaud extinctif (ou chaud "suspendu")
- . hétérogènes sur les scintigrammes :
hypofixant - chaud - extinctif

- nodules multiples

- . non extinctifs : pluri nodulaires mixtes chauds et froids - pluri nodulaires chauds
- . extinctifs : pluri nodulaires chauds seuls ou parfois associés à des nodules froids.

- scintigrammes hétérogènes avec possibilité de foyers chauds.

Lors de la discussion des indications thérapeutiques l'un des éléments est la probabilité d'un cancer au sein d'un foyer chaud ou froid. Dans les cas d'aspect typique d'adénome toxique, le cancer est exceptionnel. Au Centre L. Bérrard, nous n'avons jamais trouvé de cancer thyroïdien siégeant à l'intérieur d'un foyer chaud (type adénome toxique ou autre). Dans ces cas d'adénome toxique, l'énucléation simple du nodule est indiquée.

Dans le cas de nodule froid, la probabilité d'un cancer est diversement appréciée. Elle dépend en particulier du mode de recrutement des patients. Ce recrutement est différent dans les services d'endocrinologie et dans les centres de lutte contre le cancer. Les fréquences des cancers parmi les nodules froids isolés, s'échelonnent entre 6 % et 25 %. L'attitude thérapeutique en cas de nodule froid est la thyroïdectomie partielle ou totale selon les résultats de l'examen anatomopathologique extemporané.

Les caractéristiques physiques de l'isotope ^{131}I de l'iode ne sont pas bien adaptées à l'exploration scintigraphique de la thyroïde :

- période ($T = 8$ jours) relativement longue et émission bêta complexe ($\bar{E}_\beta = 0,197$ MeV) représentent des éléments défavorables sur le plan de l'irradiation de la thyroïde (et de l'ensemble de l'organisme du patient).
- émission gamma complexe (raie principale à 364 keV) de moyenne énergie pour laquelle le rendement de détection des gammas cameras est modeste.

Des considérations d'ordre dosimétrique conduisent à l'utilisation d'activités d'iode ^{131}I de plus en plus faibles. Cependant, si des mesures de fixation thyroïdienne peuvent être réalisées avec de faibles activités d'iode ^{131}I (10 microcuries) l'exploration scintigraphique correcte et de durée acceptable nécessite des activités plus élevées (ordre de 50 microcuries).

Ces dernières années, l'éventail des indicateurs nucléaires employés pour la scintigraphie thyroïdienne s'est enrichi du fait de l'utilisation des isotopes ^{125}I et ^{123}I (2) de l'iode et surtout de celle du technetium $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (1). Ce dernier présente des avantages certains d'ordre physique : courte période ($T = 6$ heures), absence d'émission bêta véritable, rayonnement gamma monochromatique et de basse énergie dans la gamme de meilleure sensibilité des scintigraphes conventionnels et des caméras à scintillation. Cependant, utilisé sous forme d'ions pertechnétate (TeO_4^-), le technetium présente des inconvénients essentiellement d'ordre physiologique : captation thyroïdienne faible chez l'euthyroïdien (3 % de l'activité ingérée au maximum de la courbe), absence d'organification intra thyroïdienne du technetium et concentration de ce radio nucléide par les glandes salivaires avec passage assez rapide dans la salive (5 - 15 - 30 - 36 - 47). En fait les avantages dosimétriques du technetium (66) et la bonne qualité des scintigrammes et la réalisation rapide de l'examen à un temps assez précoce (1/2 heure) après l'administration du traceur sont à la base de l'essor de l'exploration scintigraphique de la thyroïde à l'aide du technetium.

Les premières comparaisons des scintigrammes à l'iode ^{131}I et au technetium $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ont été très encourageantes (1 - 6 - 14 - 21 - 31 - 33 - 34 - 35 - 53 - 56 - 60 - 71) : bonne corrélation entre les deux types de scintigrammes et meilleure qualité des tracés obtenus avec le technetium. De ce fait, par la suite, lors de l'examen d'un scintigramme au technetium, "la lecture du message du technetium est implicitement interprété à l'aide du code de l'iode" : transposition des éléments de séméiologie normale et pathologique, des interprétations physio pathologiques et des déductions thérapeutiques obtenues avec l'iode ^{131}I , à l'exploration avec le technetium. Cette extrapolation n'est-elle pas hasardeuse ? Plusieurs travaux ont été consacrés à ce problème. Parmi les statistiques les plus importantes, nous pouvons citer celle de STRAUSS (73), SHAMBAUGHS (63), ATKINS (2), PLANCHON (58), BARVINSKI (3). Ces travaux ont montré l'habituel parallélisme des données du technetium et celles de l'iode ^{131}I . Ils ont cependant mis l'accent sur de rares et imprévisibles anomalies de la scintigraphie au technetium, avec parfois des discordances avec les données de l'exploration à l'iode : possibilité de nodules chaud au technetium et froid à l'iode (inversion de la concentration relative du nodule par rapport au parenchyme sain voisin). Ce type de discordance a été constaté au niveau de nodules bénins et de nodules malins. D'autres types de discordance ont été décrits. Ces discordances posent des problèmes de méthodologie et d'interprétation. Elles fournissent peut-être des renseignements physio pathologiques complémentaires mal ou pas connus actuellement. En attendant, l'exploration scintigraphique de la thyroïde uniquement avec le technetium est-elle fiable ? N'expose-t-elle pas à des erreurs diagnostiques et thérapeutiques évitées avec

¹³¹Iode ? Plusieurs travaux ont été consacrés à ces problèmes.

Depuis 1970, les malades adressés au Centre L. Bérard pour un bilan radio isotopique complet (ou au moins in vivo) de la thyroïde ont subi deux explorations scintigraphiques à la caméra à scintillation : l'une 24 heures après ingestion d'¹³¹Iode (ou ¹²³I), l'autre 1/2 heure après l'injection intra veineuse de technetium. Au XVI^e Colloque de Médecine nucléaire (Clermont-Ferrand, 1974), dans un travail consacré à l'¹²³Iode (44), nous avons présenté un cas de discordance : foyer chaud supplémentaire sur le scintigramme au technetium sans nodule palpable à ce niveau. Nous n'avons pas terminé de dépouiller l'ensemble des dossiers des malades expertisés au service de Médecine nucléaire du Centre L. Bérard. Notre travail s'appuie sur l'analyse des dossiers de 290 patients répartis en 2 groupes : le premier correspond à 205 malades expertisés à l'¹³¹Iode et au technetium 99 m ; le second correspond à 85 patients examinés avec l'¹²³Iode (et parfois aussi l'¹³¹Iode) et le technetium 99 m. Pour les malades opérés au Centre L. Bérard nous avons réalisé la scintigraphie de la pièce opératoire et comparé les résultats avec ceux de l'exploration pré opératoire.

Les buts de notre travail sont :

- la comparaison des scintigrammes obtenus chez nos 290 patients sur le plan de la qualité des informations et sur celui de la fréquence des discordances.
- l'appréciation, d'après les données de la littérature, de la fréquence des discordances et de leur incidence sur la sécurité du diagnostic et sur les indications thérapeutiques.
- la présentation des mécanismes proposés pour expliquer les différents types de discordance.

La première partie du travail est consacrée à l'étude des différents radio nuclides utilisables en scintigraphie thyroïdienne : rappels des propriétés physiques des isotopes ¹³¹I - ¹²⁵I et ¹²³I de l'iode et du technetium 99 m ; propriétés physiologiques de l'ion pertechnétate ; problèmes dosimétriques.

La seconde partie du travail correspond à la présentation de notre statistique : répartition des malades examinés, méthodologie utilisée, résultats de la comparaison visuelle, résultats de la comparaison quantifiée après traitement de l'information ; résultats dans les comparaisons avec les tracés tardifs (24^e heure) au technetium.

La troisième partie traite des données de la littérature concernant les discordances : fréquence totale des différents types de discordance, fréquence du cancer thyroïdien parmi ces discordances.

La quatrième partie concerne les hypothèses proposées pour expliquer les différents types de discordance.

Pour conclure notre étude, nous essaierons, à la lumière de nos résultats et de ceux de la bibliographie, de préciser l'attitude à adopter en présence d'un nodule hyperfixant ou iso-fixant, lors de l'utilisation au Tc 99 m comme traqueur.

LES RADIO TRACEURS UTILISABLES

EN SCINTIGRAPHIE THYROÏDIENNE

I - PROPRIETES RADIO ACTIVES DE L'IODE 131

L'iode 131, isotope plus riche en neutrons que l'iode stable (I 127), peut être obtenu dans un réacteur nucléaire grâce à une réaction du type (n, γ)



T = 25 minutes

Le tellure 131 est radio actif, avec une période radio active égale à 25 minutes. Il se transforme en iode 131 au cours d'une désintégration.

L'iode 131 est aussi un des produits de fission de l'uranium.

L'isotope 131 présente les caractéristiques physiques suivantes (Tableau 1) :

- . période radio active (T = 8 jours) assez longue pour permettre l'étude plus ou moins prolongée de la fixation thyroïdienne de l'iode. Par contre cette caractéristique est défavorable sur le plan de l'irradiation des patients.
- . mode de désintégration mixte (bêta et gamma) conduisant à l'émission :
 - d'un spectre bêta -, complexe d'énergie de l'ordre de 0,2 MeV et d'un parcours maximum R_0 dans les tissus mous de l'ordre de 2 mm. Cette caractéristique est défavorable sur le plan dosimétrique.
 - d'un spectre gamma complexe. La principale raie présente une énergie égale à 364 keV. Cette énergie est dans le domaine des valeurs moyennes de l'efficacité et de la résolution des scintigraphes conventionnels et des gamma cameras. La constante spécifique de dose d'exposition gamma est égale à 2,3 R h⁻¹ à 1 centimètre d'une source ponctuelle de 1 millicurie.

En conclusion, les caractéristiques physiques de l'isotope 131 de l'iode sont défavorables sur le plan de l'irradiation thyroïdienne et générale. Elles ne permettent que l'utilisation d'activité faibles (quelques dizaines de microcuries).

TABLEAU n° 1

	periode	emission γ energie moyenne	emission β energie moyenne
I ¹³¹	8,05 jours	364 Kev	190 Kev
I ¹²⁵	57 jours	27 Kev	0 Kev
I ¹²³	13 heures	160 Kev	0 Kev
I ¹³²	2,3 heures	780 Kev	490 Kev
Tc 99m	6 heures	140 Kev	0 Kev

Rappel des principales caracteristiques physiques
des differents radio-elements utilisables en patho-
logie thyroïdienne (d'après TUBIANA réf. 74).

II - PROPRIETES RADIO ACTIVES DE L'IODE 123

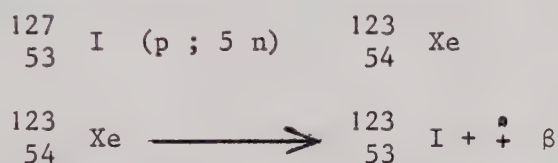
L'iode 123, isotope plus riche en protons que l'iode stable (I 127) ne peut être obtenu que grâce à des accélérateurs de particules. Deux groupes de méthodes de production sont utilisables (12 - 16 bis - 25 - 38 - 41 - 44 - 45 - 64 - 68 - 69 - 82) (tableau 2) :

- méthodes directes avec lesquelles l'iode 123 est le principal produit des réactions nucléaires :



Les réactions parasites ($\alpha ; n$) et ($\alpha ; 2 n$) conduisent aux isotopes 124 et 125 de l'iode. La contamination radio active par ces isotopes 124 et 125 de l'iode est cependant faible.

- méthodes directes qui passent par la production de l'isotope 123 du xénon qui conduit secondairement à l'iode 123 après désintégration β^+ :



La pureté radio chimique dans la méthode indirecte est meilleure que celle obtenue dans la méthode directe.

Sur le plan de la pureté chimique, la méthode indirecte permet d'obtenir pratiquement de l'iode 123 sans entraîneur.

L'iode 123 présente les caractéristiques physiques suivantes (tableau 1) :

- période radio active ($T = 13$ heures) très courte par rapport à la période biologique de beaucoup de phénomènes dont l'iode 123 permet l'étude. Cette caractéristique est intéressante sur le plan de l'irradiation des patients.
- mode de désintégration uniquement par capture électronique conduisant à l'émission :
 - de photons gamma d'énergie 159 keV lors de 99 % des désintégrations. Cette énergie est dans la gamme de meilleure sensibilité des scintigraphes conventionnels et des gamma caméras.
 - de photons X dont les plus fréquents (47,2 % des désintégrations) ont une énergie égale à 27,5 keV.
 - d'électrons de conversion dont les plus fréquents (13,4 % des désintégrations) présentent une énergie égale à 22,7 keV.
 - d'électrons Auger dont les plus fréquents (8,7 % des désintégrations)

Tableau n° 2

	methode directe	methode indirecte
REACTION	Sb (α , xn) ^{127}I énergie $\alpha = 54$ Mev.	$^{127}\text{I}(\text{p}, \text{xn})^{\text{m}}\text{Xe}, \text{Xe}$ énergie p=57,5 Mev.
PURETE RADIOCHIMIQUE	^{124}I : 1% ^{121}I , ^{125}I ^{126}I , ^{128}I , ^{131}I	^{125}I : 0,1%
PURETE	350 μg d' ^{127}I pour 100ml	75 μg d' ^{127}I pour 100ml
ACTIVITE OBTENUE	1mCi temps d'irradiation: 4h	4 a 16mCi temps d'irradiation : 3h

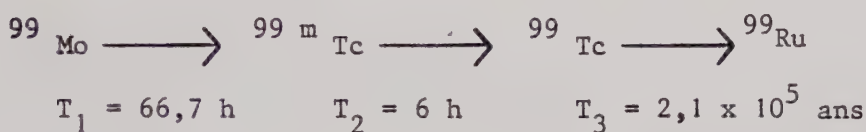
- Parallèle entre les méthodes directe et indirecte de Production de l'iode 123 (B. LAHNECHE et Coll. - XVIème Colloque de médecine nucléaire - Clermont-Ferrand, 1974).

présentent une énergie de 22,7 keV. Le rôle de ces électrons (de conversion et Auger) dans l'irradiation locale n'est pas négligeable.

- absence d'émission bêta véritable. Cette caractéristique est un élément supplémentaire favorable sur le plan de l'irradiation locale des patients.

III - PROPRIETES RADIO ACTIVES DU TECHNETIUM ^{99m}Tc

Le technetium ^{99m}Tc ne peut être produit directement. Il est issu du molybdène 99, élément précurseur. Ce technetium ^{99m}Tc est obtenu par élution à partir d'un générateur constitué de molybdène 99 fixé sur une colonne d'alumine sous forme de molybdate d'aluminium ; L'isotope ^{99m}Tc du technetium est élué sous forme d'ions pertechnetate (TcO_4^-) grâce à du sérum physiologique. Dans le générateur il y a les filiations (tableau n° 3):

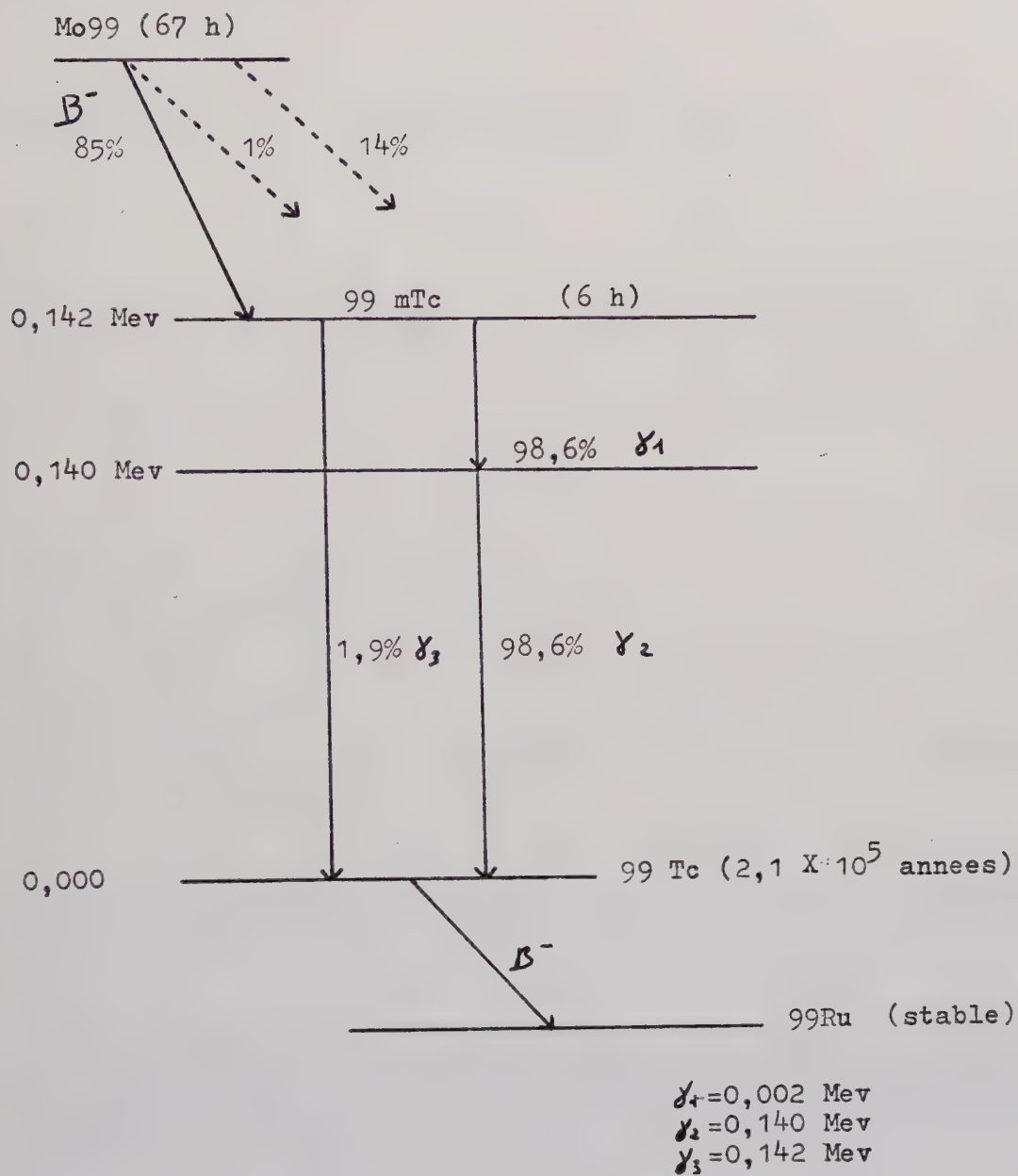


Le technetium ^{99m}Tc se met en équilibre avec le molybdène 99 de période 11 fois plus grande. La période T_3 étant très nettement élevée par rapport à T_2 , l'activité de technetium 99 obtenue est pratiquement nulle.

L'isotope ^{99m}Tc du technetium présente les caractéristiques physiques suivantes :

- période radio active courte ($T = 6$ heures) très favorable sur le plan dosimétrique mais ne permettant pas des explorations scintigraphiques au-delà de la 12 à 18^è heures (dans de bonnes conditions).
- mode de désintégration par désexcitation nucléaire conduisant à l'émission :
 - de photons gamma d'énergie 149 keV dans 98,6 % des désintégrations. La consante spécifique de dose d'exposition est égale à $0,56 \text{ R h}^{-1}$ (1 cm - 1 mCi). L'énergie gamma est très favorable à la détection par les caméras à scintillations et les scintigraphes conventionnels.
 - des photons X.
 - d'électrons de conversion
 - d'électrons Auger.
- absence d'émission bêta véritable, caractéristique favorable sur le plan de l'irradiation.

TABLEAU n° 3



- SCHEMA DE DECROISSANCE DU ^{99}mTc -
 (d'apres HARPER et SCHIFF)

Ces propriétés rendent le technetium 99 m particulièrement intéressant sur le plan de l'irradiation et sur celui de l'exploration scintigraphique précoce (4 premières heures).

IV - CINETIQUE DU PERTECHNETATE DANS L'ORGANISME

Dans l'organisme, l'ion pertechnétate ($Tc O_4^-$) se distribue d'une manière analogue à celle de l'ion iodure (I^-). HARPER et collaborateurs (30 - 33 - 35 - 36 - 42) ont étudié le devenir dans l'organisme du technétium. Après IIV, le technetium diffuse rapidement dans les espaces extra vasculaires ; il est concentré par la thyroïde, les glandes salivaires, l'estomac, les plexus choroïdes... Parallèlement, l'élimination du technétium est surtout urinaire pendant le premier jour puis intestinale les jours suivants.

Après IIV de technetium 99 m, la radioactivité sanguine diminue très vite pendant les 45 premières minutes puis lentement pendant les 2 ou 3 heures suivantes. Une heure après l'injection intra veineuse du pertechnétate, la radio activité sanguine se répartit entre les globules rouges (30 %) et le plasma (70 %). Dans ce dernier 75 % du pertechnétate sont liés aux protéines à l'aide d'une liaison lâche. La fraction plasmatique du technetium diminue progressivement entre les 1ère et 24ème heures : à la 24ème heure, la radio activité des hématies représente 60 à 90 % de la radio activité sanguine totale. L'ion pertechnétate diffuse librement à travers la membrane globulaire. L'incorporation du pertechnetate dans les hématies est facilitée par le perchlorate de potassium ($K Cl O_4$).

La *fixation thyroïdienne* passe par un maximum de l'ordre de 3 % de l'activité administrée atteinte environ 1 heure après l'injection intra veineuse ; après la première heure les courbes de concentration plasmatique et thyroïdienne deviennent parallèles.

- Chez le sujet euthyroïdien, la période biologique de l'ion pertechnétate au sein de la thyroïde est de l'ordre de 12 heures. A la 24ème heure, la fixation thyroïdienne est de l'ordre de 0,75 % de l'activité injectée. Dans l'hyperthyroïdie, la fixation thyroïdienne est très augmentée atteignant 20 % de l'activité injectée, au moment du maximum.

Le devenir intra thyroïdien de l'ion pertechnétate et de l'ion iodure présente des similitudes mais aussi des différences. Dans la thyroïde, les éléments non halogènes du groupe VII (4) (technetium - rhénium) sont concentrés sous forme de peroxyanions pertechnétate $Tc O_4^-$ et de perrhenate $Re O_4^-$. Le transfert de ces anions présente les mêmes caractéristiques que celui de l'iodure :

- il nécessite l'intégrité de la cellule thyroïdienne et la présence d'ions K^+ .
- il est inhibé de façon compétitive par les ions $Cl O_4^-$; SCN^- ; BF_4^- .
- il est inhibé par les mêmes agents pharmacodynamiques. La fixation thyroïdienne du technetium diminue ou s'annule en cas de saturation iodée ; elle réagit au test de freinage à la T_3 ; la fixation thyroïdienne du technétium est stimulée par la TSH.

Cette similitude de comportement proviendrait d'une analogie de structure nucléaire et de taille (WOLFF et MAUREY) (4). Le volume de l'ion pertechnétate est de $4,05 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$ et celui d' l'ion iode est de $4,22 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$. Malgré le mécanisme commun de transfert initial, il existe des différences entre le technétium et l'iode : capté par la thyroïde, le technétium n'est ni oxydé, ni intégré dans des molécules hormonales (organification) ni stocké (sous forme de thyroglobuline), ni enfin excrété sous forme d'hormones comme c'est le cas de l'iode. Vis-à-vis du technétium, la thyroïde se comporte comme le ferait une thyroïde bloquée par le méthimasole. En conclusion la fixation thyroïdienne du technétium n'éclaire que la première étape du cycle thyroïdien. Réalisées à des horaires différents, une scintigraphie précoce après IIV de technétium et une scintigraphie relativement tardive après ingestion d'iode 131 explorent deux fonctions différentes.

Les glandes salivaires sont capables de concentrer l'iode et le technétium. Au niveau des cellules canaliculaires, le technétium bénéficie du même système transporteur que l'iode. Dans la salive le technétium est moins concentré que l'iode.

Quelle que soit la voie d'administration, la muqueuse gastrique concentre, à la première heure, de l'ordre de 10 % de l'activité injectée. A la radio activité propre de l'estomac vient se surajouter celle de la salive déglutie. La période biologique du technétium au niveau de la muqueuse gastrique est de l'ordre de 6 heures. L'administration préalable de perchlorate de potassium réduit de moitié la fixation du technétium par la muqueuse gastrique.

Les plexus choroïdes concentrent le pertechnétate. La fixation est faible, et maximale vers la 4ème heure. Elle est réduite par le perchlorate. La fixation hépatique maximale est de l'ordre de 4 % de l'activité injectée.

L'excrétion du pertechnétate se produit surtout par les reins le premier jour (20 à 50 % de l'activité injectée) et par le tube digestif les deux jours suivants (10 à 40 %).

V - LE PROBLEME DE L'IRRADIATION DES PATIENTS (44)

Dans le tableau n° 4, sont indiquées les doses d'irradiation thyroïdienne (en milliards par microcurie) lors de l'utilisation des isotopes 123 - 125 - 131 et 132 de l'iode et du technétium 99 m. Les calculs ont été effectués à partir :

. de données physiques de la littérature.

. de certains paramètres biologiques du corps thyroïde de l'adulte, à savoir :

- masse de la thyroïde	m = 20 grammes
- masse volumique de la thyroïde	P = 1 g . cm ⁻³
- fixation de la thyroïde	F = 30 % avec l'iode (24è heure)
(en fonction de l'activité ingérée)	F = 3 % avec le technétium (1ère heure)

- période effective au sein de la thyroïde

Te = 7,5j pour 131

= 13 h pour 123

= 2,3 h pour 132

= 40 j pour 125

= 4 h pour Tc 99 m

- facteur géométrique moyen

$\bar{g}$ = 13,5

. des relations :

$$D_{\beta} = 74\,000 \bar{E}_{\beta} \cdot Te \cdot C$$

$$D_{\gamma} = 34,6 \times K_{\gamma} \cdot Te \cdot C \cdot \bar{g} \text{ avec}$$

D_{β} dose bêta en rads

D_{γ} dose gamma en roentgens

$\bar{E}_{\beta}$ énergie moyenne en MeV des spectres bêta (ou assimilés)

Te période effective en jours

K_{γ} constante spécifique de dose d'exposition gamma en R . h⁻¹ à 1 cm - 1 . m Ci

C concentration initiale en m Ci . g⁻¹

Les données de ce tableau montrent la nette supériorité du technétium 99 m sur le plan de l'irradiation thyroïdienne. Les isotopes 123 (à l'état pur) et 132 de l'iode réalisent des irradiations (par microcurie) du même ordre de grandeur. Enfin les irradiations thyroïdiennes avec l'iode 131 et l'iode 125 sont de l'ordre de 3 000 fois plus élevées que celle constatée avec le technetium 99 m.

Sur le tableau n° 5, nous avons tenu compte des activités utilisées avec chaque radio nuclide. Les activités indiquées sont des ordres de grandeur. Signalons que d'autres auteurs ont utilisé des activités d'iode 123 ou d'iode 125 plus faibles. Le technetium réalise l'irradiation thyroïdienne la plus basse. L'isotope 132 de l'iode procure une irradiation de l'ordre de 125 % de celle délivrée lors de l'exploration avec le technétium. L'iode 123 (sans contamination par d'autres isotopes de l'iode) expose à une irradiation de l'ordre de 6 fois celle du technetium. Les isotopes 125 et 131 de l'iode sont de l'ordre de 66 et de 85 fois celle délivrée par le technetium 99 m (44).

TABLEAU n° 4

radio-elements	irradiation en milliards par microcurie ingérée	
	thyroïde	corps entier
^{123}I (pur)	15,9	0,052
^{125}I	1322	3,17
^{131}I	1699	2,20
^{132}I	18	0,039
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	0,48	0,0015

- Dose (en millirads par microcurie) délivrée a la thyroïde et au corps entier avec les indicateurs nucléaires utilisables en pathologie thyroïdienne

Les calculs ont été effectués avec les hypothèses suivantes :
concernant le corps thyroïde

masse : 20 gr ; fixation de l'iode: 30% ; fixation du $^{99\text{m}}\text{Tc}$: 3%

(B.LAHNECHE et coll. 16° colloque de médecine nucléaire

Clermont-Ferrand 1974)

TABLEAU n° 5

radio-elements	activite administree (en microcurie)	dose D(en millirads) delivree a la thyroide	$\frac{D}{D_0}$
$^{123}_{\text{I}}$ (pur)	200	3180	4,4
$^{125}_{\text{I}}$	30	39660	55
$^{131}_{\text{I}}$	30	50970	70,8
$^{132}_{\text{I}}$	50	900	1,25
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1500	720 = D_0	1

Parallele des doses (en millirads) délivrées a la thyroide
lors des explorations avec différents indicateurs nucléaires

-les calculs ont ete effectués avec les mêmes hypotheses que
pour le tableau n° 4

(B. LAHNECHE et coll. 16° colloque de medecine nucléaire
Clermont-Ferrand 1974)

STATISTIQUE PERSONNELLE

I - REPARTITION DES MALADES

Dans le but d'apprécier les possibilités diagnostiques du technétium 99 m en scintigraphie thyroïdienne, nous avons étudié les dossiers de 290 malades répartis en deux groupes :

- Le premier correspond à 205 patients chez lesquels l'exploration scintigraphique de la thyroïde a été pratiquée après administration d'iode 131 et de technetium 99 m. Les données des scintigrammes au technetium ont été comparées à celles des tracés obtenus avec l'iode 131.
- Le second correspond à 85 malades chez lesquels les scintigraphies ont été réalisées après ingestion d'iode 123 et injection intra-veineuse de technétium. Ce second groupe a permis la comparaison des scintigraphies à l'iode 123 à celles au technétium 99 m.

Les malades étaient adressés au service des radio isotopes du centre L. Bérard pour examen d'une dysthyroïdie (certaine ou probable), pour expertise d'un goitre homogène ou nodulaire (nodules solitaires ou nodules multiples) ou pour surveillance après chirurgie thyroïdienne (généralement partielle). Chez quelques malades des explorations radio isotopiques ont été pratiquées avant et après des épreuves pharmacodynamiques : stimulation par TSH ou freinage par T₃.

Le tableau n° 6 fournit la répartition des malades, en fonction de l'état clinique de la thyroïde. La lecture des données de ce tableau montre la prédominance des formes nodulaires : nodules uniques dans 50 % des cas et nodules multiples dans 19,3 % des cas.

II - METHODOLOGIE DE L'EXPLORATION SCINTIGRAPHIQUE

1 - REALISATION DE LA SCINTIGRAPHIE THYROÏDIENNE

L'exploration scintigraphique du corps thyroïde a été menée d'une manière classique, en fonction du radio nuclide utilisé. Dans tous les cas la scintigraphie a été obtenue à l'aide d'un gamma caméra. PHO GAMMA III HP munie d'un collimateur

TABLEAU n° 6

aspect clinique de la thyroïde	explorations	avec :	TOTAL
	99mTc - I ¹³¹	99mTc - I ¹²³	
normal	30	12	42
goitre homogene	17	8	25
nodule unique isolè	111	36	147
nodules multiples	33	23	56
normal après chirurgie	14	6	20
TOTAL	205	85	290

COMPARAISONS 99mTc----IODE RADIO-ACTIF

(statistique du centre Leon Berard)

Répartition des différents types de pathologies thyroïdiennes
rencontrées lors de notre etude

à 1 trou (pinhole). Cette camera était en connection avec un système CINE 200 de stockage et de traitement de l'information.

Les conditions techniques d'une exploration scintigraphique avec ^{131}I peuvent être schématisées comme suit :

- . activité moyenne ingérée $A = 50$ microcuries
- . horaire du scintigramme : 24ème heure et dans certains cas : 1ère et 24ème heures
- . nombre moyen $\bar{N}$ d'impulsions cumulées
 $N = 50\ 000$
- . temps moyen de pose θ de la scintigraphie
 $\theta = 10$ minutes
- . canal spectrométrique 360 keV, fenêtre : 20 %

Les conditions techniques de l'exploration scintigraphique avec ^{123}I sont :

- . activité moyenne ingérée $A = 200$ microcuries
- . horaire t du scintigramme $t = 6$ ou 24 heures
- . nombre moyen $\bar{N}$ d'impulsions cumulées
 $N = 200\ 000$
- . temps de pose moyen θ de la scintigraphie
 $\theta = 6 - 9$ minutes
- . canal spectrométrique : 160 keV, fenêtre 20 %

Les conditions techniques de l'exploration scintigraphique avec le pertechnetate ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) sont :

- . activité moyenne injectée $A = 1$ à 2 m Ci chez l'adulte
- . canal spectrométrique 140 keV, fenêtre 20 %
- . horaire $\bar{t}$ moyen du scintigramme après l'injection intra veineuse du technetium.
 $\bar{t} = 30$ ème minute le plus souvent,
 $t = 24$ ème heure en plus du tracé précédent chez quelques malades.
- . temps de pose moyen θ de la scintigraphie
 $\theta = 3$ minutes
- . nombre moyen $\bar{N}$ d'impulsions cumulées
 $N = 300\ 000$ à 500 000.

Le plus souvent l'injection du technetium est réalisée le jour de la scintigraphie à l'iode radio actif (^{131}I ou ^{123}I). Les scintigraphies au technetium 99 m et au radio iode sont pratiquées l'une après l'autre sans changer la position relative de la caméra par rapport au malade. Dans ces cas, les conditions géométriques d'exploration lors des 2 scintigraphies sont assez comparables mais des problèmes spectrométriques se posent différemment pour les deux groupes de malades examinés. Pour le premier groupe, l'énergie des photons γ émis par le technetium (140 keV) est nettement inférieure à celle des photons de l'iode ^{131}I (364 keV). De ce fait la spectrométrie permet d'éliminer l'interférence du technetium dans le canal spectrométrique de l'iode. Par contre, en présence d'iode ^{131}I , dans le canal spectro-

métrique du technétium, il y a "contamination" du pic photo électrique du technetium par une faible partie du front compton de l'iode 131. Cependant cette interférence des rayonnements de l'iode 131 et du technétium 99 m est négligeable du fait de la différence des :

- énergies des photons gamma émis
- activités absolues fixées au niveau de la thyroïde en faveur de l'élément de faible énergie : rapport des activités de l'ordre de 1/4.
- rendements de détection de la caméra en faveur des photons de 140 keV.

Dans le cas de l'utilisation simultanée de l'iode 123 et du technetium 99 m les conditions de discrimination spectrométriques sont moins favorables que celles réalisées lors de l'emploi de l'iode 131 et du technetium. Ceci est dû à la moins grande différence des :

- énergies des photons gamma émis : 157 keV pour l'iode 123 et 140 keV pour le technétium.
- activités absolues fixées au niveau de la thyroïde au moment des scintigraphies en faveur de l'élément d'énergie plus grande : l'activité d'iode 123 est du même ordre de grandeur que celle du technetium 99 m fixé au niveau de la thyroïde. Signalons que du fait de la relative courte période ($T = 13$ heures) de l'iode 123 et de la dynamique de sa fixation thyroïdienne chez le sujet normal l'activité absolue au niveau de la thyroïde est sensiblement constante entre les 6^è et 24^è heures. Par contre à la 48^è heure, il y a une réduction des trois quarts de l'activité constatée à la 24^è heure.
- rendements de détection de la caméra vis-à-vis des photons : ces rendements sont sensiblement égaux.

Les difficultés spectrométriques précédentes nous ont incité à réaliser la scintigraphie au technetium avant l'administration du radio-Iode : juste avant en cas d'iode 131 ; généralement à 24 heures avant dans le cas de l'iode 123. L'exploration scintigraphique à l'iode 123 est pratiquée 24 heures plus tard. Dans cette méthodologie, les conditions spectrométriques sont bonnes mais celles géométriques sont moins favorables que dans les cas d'explorations successives. Le nombre de patients chez lesquels cette méthodologie a été appliquée est faible.

2 - EXPRESSION DES RESULTATS DE L'EXPLORATION SCINTIGRAPHIQUE

L'ensemble camera PHO GAMMA III H.P. - unité CINE 200 de traitement de l'information nous permet d'obtenir :

- des scintigrammes sur polaroïde et éventuellement simultanément sur film radiographique.
- après traitement de l'information (correction d'hétérogénéité de réponse du système détecteur...) des documents sous forme de surfaces isodoses (avec des sigles différents). Cette présentation corrige en partie certaines imperfections

de la caméra et surtout rend plus aisée la comparaison de la densité du tracé en ses différentes régions, ou, la comparaison de 2 tracés différents du même malade (étude semi quantitative).

- deux paramètres numériques utiles, pour la comparaison de scintigraphies réalisées avec des indications nucléaires différents : l'index de fixation et l'index de densité (ou de concentration). La détermination de ces paramètres nécessite une unité de stockage et de traitement de l'information. Sur une scintigraphie enregistrée et visualisée sur l'oscilloscope du système CINE 200 il est possible de délimiter, à la vue, des zones différentes (foyer chaud, foyer froid, lobe...) et de déterminer le nombre n de canaux et N d'impulsions correspondants à chacune de ces zones. L'index de fixation relative F d'une zone indexée i par rapport à une zone de référence indexée r (un lobe ou toute la thyroïde) est tel que :

$$F = \frac{N_i}{N_r}$$

Il peut être calculé pour les différents nuclides utilisés. Les valeurs obtenues permettent une comparaison des scintigrammes meilleure que celle réalisée par l'oeil. L'index de concentration relative d'une zone i par rapport à une zone de référence r est tel que :

$$C = \frac{N_i}{n_i} : \frac{N_r}{n_r} = \frac{N_i}{N_r} \times \frac{n_r}{n_i} = F \times \frac{n_r}{n_i}$$

Cet index C est le rapport des taux de radio activité en regard de zones choisies, ramenés à la même surface d'image scintigraphique (même nombre n de canaux).

Ces paramètres F et C permettent une comparaison de la densité relative, en différentes zones de l'image scintigraphique, meilleure que celle fournie par l'examen visuel du scintigramme.

La détermination et la comparaison des index précédents nécessitent :

- des conditions géométriques aussi identiques que possible : cette condition de validité de la méthode est vérifiée lorsque les deux scintigraphies (technetium précoce et iode tardif) sont pratiquées successivement sans modification de la position relative du malade et de la camera. La comparaison est plus difficile lorsque les tracés ne sont pas immédiatement successifs.
- des conditions techniques de repérage des foyers sur l'oscilloscope du système CINE 200 valables et aussi proches que possible lors de lecture des deux scintigrammes : nombres n_i de canaux suffisants et assez voisins. La détermination *visuelle* de l'étendue des différentes zones (n_i) peut poser des problèmes techniques en particulier en cas de mauvais contraste de l'image scintigraphique ou de petits foyers chauds ou froids.

III - RESULTATS DE LA COMPARAISON DES SCINTIGRAPHIES PRATIQUEES AVEC LE TECHNETIUM 99 m ET UN ISOTOPE RADIO ACTIF DE L'IODE.

1 - LES ELEMENTS DE LA COMPARAISON

La comparaison des scintigrammes obtenus chez le même malade s'appuie sur :

- . l'importance du bruit de fond
- . la netteté des contours de l'image de la thyroïde
- . la distribution des traceurs dans la thyroïde avec les aspects classiques de tracé homogène, de foyers chauds, foyers tièdes et foyers froids.
- . l'existence d'une fixation extra thyroïdienne (glandes salivaires, coeur...) plus ou moins gênante.
- . l'étude des index de fixation et de concentration en particulier des nodules palpables.

La comparaison des scintigrammes peut être réalisée :

- . soit visuellement grâce aux 4 premiers éléments précédents
- . soit surtout grâce aux index de fixation et de concentration (en plus de l'examen visuel des tracés).

2 - LES COMPARAISONS VISUELLES DES SCINTIGRAMMES

2 - 1 - Les types de réponse

Les différentes éventualités rencontrées lors de la comparaison des documents scintigraphiques peuvent être schématisées comme suit :

- concordance des données :

La morphologie thyroïdienne et la distribution des traceurs dans la thyroïde sont très voisines. En particulier les nodules sont classés dans le même type scintigraphique (chaud - tiède - froid) et présentent le même aspect (homogène - zone pseudo lacunaire...). Les scintigrammes réalisés chez le même malade permettent le même diagnostic et la même attitude thérapeutique.

- . concordance avec technétium meilleur que l'iode.

Le scintigramme au technetium est de meilleure qualité et fournit plus de renseignements sur les limites et la structure interne des nodules (chauds - froids). Il permet une meilleure définition de l'extension locale des lésions.

- . concordance avec technétium équivalent à l'iode.

Seule la qualité du scintigramme est meilleure que celle du tracé obtenu avec l'iode ; les conséquences pratiques (diagnostic, attitude thérapeutique) tirées de l'analyse des deux scintigrammes sont identiques.

- . concordance avec technétium inférieur à l'iode.

Dans ce cas c'est l'iode qui permet une meilleure définition des lésions.

- discordance des données

Ce type de réponse correspond à deux types de cas :

- . discordance discrète.

Les tracés obtenus chez le même malade sont semblables. La discordance intéresse surtout des foyers (chauds ou froids) observés uniquement sur l'un des scintigrammes et ne correspondant pas habituellement à des nodules palpables (visibilité de la pyramide de Lalouette - foyers chauds ou froids supplémentaires...). Les déductions thérapeutiques sont les mêmes à partir des deux scintigrammes.

- . discordance nette.

Les tracés obtenus chez le même patient aboutissent à une classification différente des nodules en particulier : nodule chaud au technétium et froid à l'iode ; nodule froid au technétium et chaud à l'iode. En cas de nodule unique les déductions thérapeutiques avec l'un ou l'autre radio nuclide pourraient être différentes.

2 - 2 - Les résultats des comparaisons chez l'ensemble de nos 290 malades.

Sur le tableau n° 7 sont indiqués les résultats d'ensemble obtenus chez les 290 patients en fonction de l'aspect clinique et scintigraphique. La lecture de ce tableau permet les réflexions suivantes :

7. dans 96,5 % des cas, les scintigrammes au technétium et au radio iode (131 ou 123) sont assez parallèles en ce qui concerne l'image thyroïdienne. Par rapport au nombre total d'explorations, les éléments fournis sont :

- équivalents dans 70,6 % des cas
- meilleurs avec le technétium dans 16,2 % des cas.
- meilleurs avec l'iode dans 9,7 % des cas.

Signalons par ailleurs, l'existence de foyers parasites surtout sur des documents plus tardifs avec le technetium : en particulier foyer chaud vertical sous la thyroïde correspondant à la salive déglutie. Ce phénomène a été signalé par d'autres auteurs. Grâce à des tomoscintigraphies, nous avons pu dissocier l'image de la thyroïde de celle de l'oesophage imprégné.

∇ les discordances sont très rares (3,5 % des cas).

Les discordances se répartissent en :

- . 7 discrètes intéressant des foyers non palpables visualisés uniquement par l'un des traceurs.
- . 3 plus nettes dont 1 seule correspond à un nodule chaud au technetium et froid à l'iode.

Signalons qu'aucun cas de cancer n'existe parmi les discordances précédentes.

2 - 3 - Résultats des comparaisons technetium - iode 131

Le tableau n° 8 indique les résultats des comparaisons des scintigrammes pratiqués à l'iode 131 et au technetium 99 m chez les 205 patients du premier groupe.

- Les concordances ont été observées chez environ 98 % des malades. Par rapport au nombre total de patients de ce groupe, les éléments fournis par l'exploration scintigraphique sont :
 - . équivalents dans 76 % des cas
 - . meilleurs avec le technetium dans 17 % des cas
 - . meilleurs avec l'iode dans 4,8 % des cas.
- Des discordances ont été constatées chez 4 malades soit environ 2 % des explorations. Ces discordances se répartissent en :
 - . 3 discordances discrètes correspondant à des foyers supplémentaires constatés dans 1 cas de thyroïde normale à l'iode et 2 cas de nodules froids à l'iode et au technetium.

OBSERVATION HENO... Z.

Malade présentant une thyroïde sensiblement normale à la palpation, la scintigraphie thyroïdienne à l'iode 131 objective une thyroïde sans zone lacunaire ou hyperfixante et de taille normale, le scintigramme réalisé au Tc 99 m montre un foyer chaud de la base du lobe gauche.

OBSERVATION SALCO... A.

Malade présentant un nodule unique de la base du lobe gauche. Les scintigrammes réalisés à l'iode radio actif objectivent un aspect lacunaire basal gauche ; celui réalisé avec le Tc 99 m est mieux défini. On note l'apparition de 2 petits foyers chauds péri lacunaires.

L'intervention est pratiquée (Pr MAYER) l'examen histologique montre qu'il s'agit d'un goître adénomateux ne présentant aucun caractère de Malignité.

TABLEAU n° 7

aspect thyroïdien		concordances			discordances				TOTAL	
clinique	99mTc	99mTc	99mTc	99mTc	discrète		nette			
		> I*	= I*	< I*	nodule	foyer en + ou -	nodule	foyer en + ou -		
normal	normal	9	28	4		0			41	
	foyer en plus ou en moins		0			1			1	
goitre homogene	goitre homogene	3	15	2		1			21	
	goitre heterogene	0	4	0					4	
nodule isole	nodule chaud	3	55	5					63	
	nodule tiede	1	2	0		1		1	5	
	nodule froid	16	54	6		3			79	
nodules multiples	nodules chauds	1	7	1			1	1	11	
	nodules tiedes	0	0	0						
	nodules froids	5	15	6					26	
	hetero- nodulaire	4	13	2					19	
thyroïdes opérées		5	12	2		1			20	
TOTAL		47	205	28		7	1	2	290	

COMPARAISON DU TECHNETIUM 99m ET DE L'IODE RADIO ACTIF
EN SCINTIGRAPHIE THYROIDIENNE

(Statistique Centre L. BERARD)

TABLEAU n° 8

aspect thyroïdien		concordances			discordances				TOTAL
clinique	99mTc	99mTc > I ¹³¹	99mTc = I ¹³¹	99mTc < I ¹³¹	discrete		nette		
					nodule	foyer en + ou -	nodule	foyer en + ou -	
normal	normal	7	21	1		0			29
	foyer en plus ou en moins	0	0	0		1			1
goitre homogene	goitre homogene	2	10	1					13
	goitre heterogene	0	4	0					4
nodule isolè	nodule chaud	2	45	2					49
	nodule tiede	0	0	0					0
	nodule froid	14	45	1		2			62
nodules multiples	nodule chaud	0	3	1			1		5
	nodule tiede	0	0	0					
	nodule froid	3	9	2					14
	heterono- dulaire	3	10	1					14
thyroïdes opèrèes		4	9	1					14
TOTAL		35	156	10		3	1		205

COMPARAISON Tc 99m ET I131 EN SCINTIGRAPHIE THYROIDIENNE

(Statistique du Centre L. BERARD)

TABLEAU n° 9

aspect thyroïdien		concordance			discordance				TOTAL
clinique	99mTc	99mTc > I ¹²³	99mTc = I ¹²³	99mTc < I ¹²³	discrete		nette		
					nodule	foyer en + ou -	nodule	foyer en + ou -	
normal	normal	2	7	3					12
	foyer en plus ou en moins	0	0	0					0
goitre homogene	goitre homogene	1	5	1		1			8
	goitre heterogene	0	0	0					0
nodule isolè	nodule chaud	1	10	3					14
	nodule tiede	1	2	0		1		1	5
	nodule froid	2	9	5		1			17
nodules multiples	nodule chaud	1	4	0				1	6
	nodule tiede	0	0	0					0
	nodule froid	2	6	4					12
	hetero- nodulaire	1	3	1					5
thyroïde opèrèe	thyroïde opèrèe	1	3	1		1			6
		12	49	18		4		2	83

COMPARAISON Tc 99m - I 123 EN SCINTIGRAPHIE THYROIDIENNE

(statistique du Centre L. BERARD)

OBSERVATION BLON... J.

Malade adressé pour l'apparition d'un nodule de la base du lobe gauche de la thyroïde. Les scintigrammes réalisés montrent :

. à l'iode 123 et au Tc 99 m, que le nodule palpable de la base gauche est froid ; on note un petit aspect lacunaire siégeant à la base du lobe droit (mieux défini à l'iode 123 qu'au Tc 99 m).

. à l'iode 131 le tracé est moins bien défini ; on ne retrouve pas l'aspect lacunaire lobaire inférieur droit.

Ceci est explicable du fait de la petitesse de cette zone lacunaire et de la moins bonne définition des cartographies réalisées à l'iode 131 (gamma camera).

. 1 discordance nette :

OBSERVATION BROS...

Malade présentant 2 nodules thyroïdiens. Ces nodules sont chauds au technetium, aussi bien au temps précoce (1/2 heure) qu'au temps tardif (24ème heure). Par contre avec l'iode 131 à la 24ème heure, l'un des nodules était chaud et l'autre froid. L'intervention chirurgicale a montré qu'il s'agissait d'un "goitre pluri-nodulaire à prédominance colloïde", aucune anomalie histologique n'explique cette discordance.

2 - 4 - Résultats des comparaisons Tc 99 m - I 123

Sur le tableau n° 9 sont indiqués les résultats des comparaisons réalisées chez les 85 patients du second groupe : exploration couplée à l'iode 123 et au technetium 99 m. La lecture de ce tableau permet les réflexions suivantes :

- Dans 92,8 % des cas, les scintigrammes obtenus sont assez parallèles en ce qui concerne l'image thyroïdienne proprement dite. Les éléments fournis par l'exploration scintigraphique sont :

- . équivalents dans 57,6 % des cas
- . meilleurs avec le technétium dans 14,1 % des cas
- . meilleurs avec l'iode dans 21,1 % des cas.

OBSERVATION GAY... M.

Malade présentant un goitre endothoracique entraînant un syndrome de la veine cave supérieure. Les scintigraphies montrent à l'iode 123, un très important goitre endothoracique avec un aspect lacunaire important du lobe droit ne laissant qu'une mince lamelle de tissu fonctionnel. Au Tc 99 m, l'image est noyée par un important bruit de fond (vascularisation). On met difficilement en évidence la présence de tissu fonctionnel au niveau du lobe droit.

Une scintigraphie pulmonaire montre une importante anomalie de la vascularisation des poumons.

L'anatomie pathologique de la tumeur montre qu'il s'agit d'une formation bénigne.

La comparaison avec les résultats du tableau précédent (I 131 - Tc 99 m) montre une différence de la répartition des concordances. Cette constatation confirme l'opinion générale que l'iode 123 est le traceur idéal pour l'exploration fonctionnelle de la thyroïde. Il associe les avantages physiques du technetium et les qualités physiologiques de tout isotope de l'iode.

- Dans près de 7,1 % des cas une discordance a été constatée. Ces discordances se répartissent en :

- . discordances discrètes :

- 4 discordances intéressant des foyers mis en évidence avec seulement l'un des 2 traceurs utilisés.

OBSERVATION MAR... A.

Avec les 2 traceurs on obtient une bonne définition du goitre et de la pyramide de Lalouette. Cependant sur le scintigramme au technetium 99 m, il existe un petit foyer chaud sur la pyramide de Lalouette.

OBSERVATION VILL... M.

Les scintigrammes obtenus avec l'iode 123 et le technetium objectivent un nodule tiède au niveau du lobe gauche ainsi que quelques aspects en demi-teinte. Sur le tracé du technetium, il existe un petit foyer chaud au niveau du lobe gauche, ne correspondant pas à un nodule palpable.

OBSERVATION BLOND... J.

Ce malade a été exploré avec les isotopes 123 et 131 de l'iode et le technetium 99 m. Les qualités des documents se classent dans l'ordre décroissant suivant : I 123 - Tc 99 m et I 131. A l'aide des 2 premiers radio nuclides, le nodule isthmique est froid. Cependant avec l'iode 123 une zone lacunaire supplémentaire est mieux individualisée.

OBSERVATION CAVA... B.

Malade exploré après exérèse d'un adénome toxique. Les scintigrammes à l'iode 123 et au technetium 99 m sont assez semblables. Cependant avec le dernier radio nuclide, il y a en plus, visualisation de la pyramide de Lalouette et d'un foyer chaud au niveau de la base gauche.

- . 2 discordances plus nettes correspondant à des foyers chauds mis en évidence avec l'un des radio nuclides utilisés et à un nodule tiède au technetium.

OBSERVATION COL... A.

Malade présentant un nodule du lobe droit froid à l'iode 123 et tiède au technetium. Avec ce dernier radio nuclide au niveau du pôle supérieur du lobe droit un foyer chaud a été mis en évidence. Ce malade a été opéré. L'examen anatomo pathologique montre qu'il s'agit d'un goitre adénomateux de type colloïde, le foyer

chaud au Tc 99 m correspond à un nodule adénomateux.

OBSERVATION BAL... M.

Ce malade présentant un goitre multi nodulaire a été exploré à l'aide des isotopes 123 et 131 de l'iode et du technetium 99 m. Avec les deux derniers isotopes, les nodules étaient chauds. Avec l'iode 123 il y a confirmation des données précédentes mais mise en évidence de quelques foyers lacunaires.

2 - 5 - Résultats des comparaisons avec des scintigrammes tardifs avec le technetium 99 m

Chez 44 patients nous avons pu réalisé une triple comparaison des données scintigraphiques :

tracé au technetium : précoce 1/2 heure
tardif 6 à 24 heures

tracé au radio iode à la 24ème heure

Les activités de technétium utilisées sont de l'ordre de 2 à 4 fois celles administrées généralement. La répartition des malades en fonction de l'examen clinique de la thyroïde a été la suivante :

- thyroïde normale	5
- goitre homogène	1
- nodule unique	31
- nodules multiples	5
- thyroïde opérée	2

Les scintigrammes pratiqués toujours à la caméra munie du collimateur à 1 trou présentaient un nombre moyen d'impulsions de l'ordre de 40 000 à 70 000.

La comparaison des données des scintigrammes tardifs au technetium à celles des scintigrammes précoces (1/2 heure au technetium) et tardif à l'iode (24è heure) nous a permis de reconnaître 6 cas de discordance assez nette correspondant à des nodules palpables.

- Le 1er cas correspond à l'observation BROS... T., dont nous avons parlé précédemment : chez ce malade, l'exploration à l'iode a montré un nodule froid polaire supérieur droit et un nodule chaud polaire inférieur gauche. Les tracés précoce et tardif (24ème heure) au technetium ont objectivé un aspect chaud au niveau des 2 nodules palpables. Il est évident que cette observation montre bien que lors de la scintigraphie tardive au technetium, l'influence de l'iode 131 fixé au niveau de la thyroïde était faible. En effet dans le cas contraire, le nodule droit aurait été froid.

- Lors des 5 autres cas, il y a eu une discordance tardive : les explorations précoces au technetium et tardive à l'iode ont fourni des renseignements analogues : aspect de nodule froid.

Les scintigraphies tardives au technetium ont mis en évidence un certain degré de "réchauffement" des nodules (aspect de nodule tiède). Tous ces 5 malades ont été opérés. L'examen anatomo pathologique a mis en évidence une hématoecèle dans 4 cas et un kyste colloïde dans le dernier cas. Quel est le substratum anatomique ou fonctionnel de cette invasion retardée de ces nodules froids à l'iode ?

2 - 6 - Conclusion

Sur un échantillonnage de 290 cas, le nombre total de discordances trouvées est de : 10. Parmi celles-ci, nous avons différencié les discordances discrètes, qui ne modifient en rien ni le diagnostic, ni l'attitude thérapeutique, et les discordances nettes qui elles, peuvent influencer sur ces deux données. L'observation BROS... T. est significative, le Tc 99 m montre deux nodules chauds l'iode montre 1 nodule chaud et un nodule froid. L'attitude thérapeutique peut être fondamentalement différente.

Les discordances, le plus souvent, apparaissent sous la forme d'hyperfixation ou d'hypofixation et ne correspondent pas nécessairement à une zone pathologique de la thyroïde.

Les discordances trouvées entre la répartition au Tc 99 m tardif et celles de l'iode radio actif ou du Tc 99 m précoce peuvent peut-être apparaître comme un nouvel apport d'informations sur la pathologie du corps thyroïde. En effet, l'examen anatomo pathologique montre dans tous les cas de discordances une cavité renfermant du sang dans 4 cas et du colloïde dans 1 cas. On peut émettre l'hypothèse selon laquelle, dans certaines lésions, le Tc 99 m se concentre plus ou moins vite mais n'est pas rendu à la circulation, ce qui fait que, l'activité dans le parenchyme sain décroissant, nous avons une augmentation de l'activité relative à l'intérieur de la lésion.

3 - La comparaison à l'aide des index de fixation et de concentration du technetium et de L'IODE 131 EN REGARD DE ZONES HOMOLOGUES

Parmi les 205 malades du premier groupe de patients, 28 ont pu bénéficier de la détermination des index de fixation et de concentration. Par ailleurs, 6 malades ont fait l'objet de l'examen. 5 ont été repris pour des épreuves dynamiques (stimulations ou freination), 1 a été revu dans le cadre d'une surveillance de Thyroïde suspecte.

De ce fait des comparaisons des index de fixation et de concentration (de I 131 et de Tc 99 m) ont été effectuées lors de 34 examens au cours desquels 79 index ont été calculés pour les tracés au technétium précoces (1 heure) et l'iode 131 (24è heure).

Le tableau n° 10 indique les résultats d'ensemble obtenus. Pour la fixation et la concentration, les valeurs inscrites correspondent successivement aux index de l'iode 131, du technetium précoce et du technetium tardif puis le rapport des index du technetium précoce et de l'iode 131. Les meilleurs paramètres pour la comparaison des scintigraphies à l'iode 131 et au technetium 99 m sont les rapports des index de fixation (Ic/I) et surtout des index de concentration. Ces index de con-

centration et de fixation sont définis pour un horaire déterminé. En effet comme le montre la figure n° 11, la concentration au niveau : du parenchyme sain, d'un foyer chaud et d'un foyer lacunaire varie en fonction du temps.

L'analyse des valeurs des rapports précédents dans le tableau n° 10 montre une grande dispersion autour de l'unité. Les valeurs extrêmes aussi bien pour la fixation que pour la concentration sont 0,3 et 2,3. Les populations des rapports des index de fixation et des index de concentration sont caractérisées par :

	fixation	concentration
moyenne	0,955	0,916
écart type	0,311	0,277
intervalle de confiance γ (seuil 5 %)	1,577 - 0,433	1,47 - 0,462

Les histogrammes des rapports des index de fixation et des rapports des index de concentration sont représentés sur la figure n° 12. L'examen de ces histogrammes permet les réflexions complémentaires suivantes :

- identité et étendue des domaines de valeurs observées qui s'échelonnent entre 0,3 et 2,3. Par rapport à l'iode 131, la fixation et la concentration locales du technetium varient : 30 % à 230 %. Cette importante variation du rapport des index confirme et complète les données de l'examen visuel des scintigrammes.
- aspect non identique des histogrammes dû vraisemblablement à la surface différente des zones retenues pour la comparaison du technetium et de l'iode 131. En effet nous avons vu qu'entre l'index de concentration C et celui de fixation de 2 zones 1 et 2 existait la relation :

$$C = F \frac{n_2}{n_1}$$

Ecrivons cette relation pour le technetium et pour l'iode :

$$C = F \frac{n_2}{n_1} \quad \text{Tc 99 m}$$

$$C' = F' \frac{n'_2}{n'_1} \quad \text{I 131}$$

$$\frac{C}{C'} = \frac{F}{F'} \cdot \frac{n_2}{n'_2} \cdot \frac{n'_1}{n_1} \quad \text{relation qui se simplifie en cas d'identité des zones de 1 et 2 choisies sur les deux scintigrammes (n}_1 = n'_1 \text{ et } n_2 = n'_2)$$

$$\frac{C}{C'} = \frac{F}{F'}$$

Nous avons étudié la corrélation entre l'index de fixation du technetium (1/2 heure) et de l'iode 131 ainsi que la corrélation des index de concentration.

Sur la figure n° 13 sont représentés le nuage statistique des index de fixation (technetium en ordonnée - iode en abscisse) et les droites de régression. Les coefficients directeurs des droites sont 1,061 et 1,477. Le coefficient de corrélation linéaire concernant l'ensemble de l'effectif ($n = 79$) est égal à 0,718. Il est en faveur d'une bonne corrélation entre les fixations de technetium et d'iode.

Sur la figure n° 14 sont représentés le nuage statistique des index de concentration et les droites de régression. Les coefficients directeurs des droites sont 1,096 et 1,911. Le coefficient de corrélation linéaire concernant l'ensemble de l'effectif ($n = 75$) est égal à 0,573. La corrélation est moins bonne que pour la fixation.

L'étude statistique des rapports des index de fixation et de concentration objective une bonne corrélation entre l'iode 131 et le technetium au niveau de la thyroïde. Cependant le technetium 99 m est entaché d'anomalies imprévisibles et importantes (variation importante des coefficients de corrélation linéaire en éliminant 3 cas de la statistique générale).

Au cours des explorations scintigraphiques tardives (6 à 24 heures) avec le technetium nous avons pu déterminer les index de fixation et de concentration du technetium et de l'iode 131 (24ème heure). Sur la figure n° 15 sont représentés le nuage statistique des index de fixation et les droites de régression. Pour un effectif de 33 doubles données, les coefficients directeurs de ces droites sont 0,815 et 1,473. Le coefficient de corrélation linéaire est $r = 0,553$. La corrélation est moins satisfaisante que pour le technetium précoce.

Sur la figure n° 16 sont représentés le nuage statistique des index de concentration et les droites de régression. Les coefficients directeurs de ces droites sont 1,18 et 2,4. Le coefficient de corrélation linéaire concernant l'ensemble de l'effectif ($n = 29$) est égal à 0,492. La corrélation est là aussi plus lâche que celle obtenue avec le technetium précoce. Ce résultat peut vraisemblablement s'expliquer en partie par les densités radio actives plus faibles observées à la 24è heure après l'administration du Tc 99 m.

3 - 1 - Conclusion

Les données chiffrées et leur utilisation statistique permettent de vérifier un fait déjà connu, c'est-à-dire la grande variation des index de fixation et de concentration du Tc 99 m par rapport à ceux de l'iode radio actif pris comme référence. Dans notre étude nous montrons que ces valeurs sont comprises entre 30 à 230 % de celle de l'iode. On doit insister sur le caractère imprévisible de ces variations qui chez certains malades peuvent apparaître en plus ou en moins selon les zones thyroïdiennes concernées.

La variation des rapports des index de fixation Tc/I montre une répartition sensiblement symétrique par rapport à la valeur unitaire.

Malgré ces variations, le coefficient de corrélation entre les 2 valeurs est significatif : pour les données de fixation, le moins bas coefficient de corrélation des concentrations peut s'expliquer par les variations de surface lors des examens.

La corrélation entre les valeurs au Tc 99 m tardif et celle de l'iode 131 est nettement moins bonne, ceci est explicable du fait de la faible densité radio active observée au niveau thyroïdien 24 h après injection intra-veineuse de Tc 99 m.

4 - COMPARAISON DES SCINTIGRAPHIES DES PIÈCES OPÉRATOIRES ET DES SCINTIGRAPHIES PRÉ OPÉRATOIRES

Chez 70 malades, nous avons administré du Tc 99 m 1/2 à 1 heure avant l'intervention chirurgicale sur la thyroïde. Une scintigraphie de la pièce opératoire a été réalisée et comparée aux scintigraphies pré opératoires (au Tc 99 m et à I 131).

Les résultats des explorations scintigraphiques pré opératoires étaient concordants : 19 cas de nodules chauds

51 cas de nodules froids dont 30 ont été reconnus ultérieurement comme néoplasiques.

Les résultats des scintigraphies des pièces opératoires ont confirmé les données des examens pré opératoires. Cependant, il y a lieu de signaler d'une part la meilleure définition des zones lacunaires (absence de bruit de fond vasculaire), d'autre part, la découverte de foyers chauds supplémentaires ne correspondant pas à un nodule palpable : dans 3 cas de cancer thyroïdien, mise en évidence d'un foyer chaud bénin associé sans traduction nette sur les scintigrammes pré opératoires.

En conclusion, les données des scintigrammes au Tc 99 m des pièces opératoires, sont parallèles à celles des tracés pré opératoires obtenus avec l'iode 131 et le technetium 99 m.

5 - CONCLUSIONS

L'analyse des dossiers de 290 patients explorés en parallèle avec le Tc 99 m (tracés précoces) et l'iode radioactif (I 131 et/ou I 123) a fourni les résultats suivants : 10 cas de discordances :

- . 3 discordances nettes dont 1 cas de nodule chaud au Tc 99 m et froid à l'iode 131, et 2 cas avec des foyers supplémentaires visibles uniquement avec l'un des traceurs. Il n'y a aucun cas de cancer dans les 2 cas opérés parmi ces 3 discordances.
- . 7 discordances discrètes correspondant à des foyers supplémentaires visibles uniquement avec l'un des traceurs.

	F I X A T I O N				C O N C E N T R A T I O N			
	I 131	Tc précoce	Tc tardif	$\frac{Tc_p}{I}$	I 131	Tc précoce	Tc tardif	$\frac{Tc_p}{I}$
- <u>ARNA... B.</u>								
<u>nodule chaud</u> <u>lobe gauche</u>	1,24	1,39	0,88	1,12	4,9	5,29	3,32	1,07
<u>nodule chaud</u> <u>reste lobe droit</u>	0,37	0,47	0,23	1,27	2,28	2,66	1,66	1,16
<u>reste lobe droit</u> <u>lobe gauche</u>	3,38	2,98	2,96	0,88	2,15	1,98	1,82	0,92
	<u>Freination</u>							
<u>nodule chaud</u> <u>lobe gauche</u>	2,27	1,6	1,6	0,7	6	4	4,4	0,66
<u>nodule chaud</u> <u>reste lobe droit</u>	0,68	0,72	0,52	1,05	2,5	3	2,75	1,2
<u>reste lobe droit</u> <u>lobe gauche</u>	3,45	2,2	3,21	0,63	2,42	1,33	1,61	0,54
- <u>BADO... M.</u>								
<u>lobe droit</u> <u>lobe gauche</u>	2,4	2,09	2,18	0,87	1,07	0,93	1,18	0,86
- <u>BEGU... S.</u>								
<u>nodule chaud gauche</u> <u>reste lobe gauche</u>	0,68	0,59		0,86	2,73	2,38		0,87
<u>reste lobe gauche</u> <u>lobe droit</u>	3,62	1,87		0,51	3,95	2,04		0,51
<u>nodule chaud gauche</u> <u>lobe droit</u>	2,45	1,1		0,44	10,8	4,85		0,44
- <u>BERI... A.</u>								
<u>nodule chaud</u> <u>reste glande</u>	0,77	0,54		0,7	2,75	2,09		0,76
	<u>Stimulation</u>							
<u>nodule chaud</u> <u>reste glande</u>	0,41	0,25	0,16	0,60	2,1	1,41	0,92	0,67

	F I X A T I O N				C O N C E N T R A T I O N			
	I 131	Tc précoce	Tc tardif	$\frac{Tc_p}{I}$	I 131	Tc précoce	Tc tardif	$\frac{Tc_p}{I}$
- <u>BESS... M.L.</u>								
<u>nodule chaud D</u> <u>totalité</u>	0,37	0,4	-	1,08	2,54	2,43		0,95
<u>nodule chaud</u> <u>isthmique</u> <u>totalité</u>	0,12	0,11		0,91	1,74	1,57		0,9
<u>nodule chaud</u> <u>sup. G</u> <u>totalité</u>	0,01	0,01		1	1,1	1,15		1,04
- <u>BOYA... O.</u>								
<u>lobe droit</u> <u>lobe gauche</u>	2,98	2,86		0,95	1,64	1,44		0,87
<u>nodule chaud</u> <u>totalité lobe G</u>	0,87	0,96		1,1	2,75	2,37		0,86
<u>nodule froid</u> <u>totalité lobe G</u>	0,76	0,84		1,1	1,27	1,19		0,93
<u>nodule chaud</u> <u>nodule froid</u>	1,14	1,14		1	2,16	1,98		0,91
	<u>Autre examen</u>							
<u>nodule chaud</u> <u>reste lobe droit</u>	1,3	1,14		0,87	2,31	2,13		0,92
<u>lobe droit</u> <u>lobe gauche</u>	2,45	2,58		1,05	1,56	1,59		1,01
	<u>Après T.S.H.</u>							
<u>nodule chaud</u> <u>reste lobe droit</u>	0,41	0,5		1,21	1,92	1,98		1,03
<u>lobe droit</u> <u>lobe gauche</u>	2,99	2,9		0,96	1,65	1,43		0,86
- <u>BROS... T.</u>								
<u>nodule chaud droit</u> <u>reste parenchyme</u>	0,95	1,04	0,74	1,09				
<u>nodule chaud G</u> <u>reste parenchyme</u>	1,57	0,76	0,54	0,48				
<u>nodule chaud</u> <u>isthmique</u> <u>reste parenchyme</u>	0,19	0,14	0,09	0,73				
<u>nodule chaud droit</u> <u>nodule chaud gauche</u>	0,60	1,37	1,37	0,44				

	F I X A T I O N				C O N C E N T R A T I O N			
	I 131	Tc précoce	Tc tardif	$\frac{Tc_p}{I}$	I 131	Tc précoce	Tc tardif	$\frac{Tc_p}{I}$
- <u>CAMI... L.</u>								
<u>lobe droit</u>	0,77	0,43		0,55	0,69	0,47		0,68
reste lobe droit								
<u>lobe droit</u>	0,99	0,64		0,64	1,07	0,74		0,69
lobe gauche								
<u>reste lobe droit</u>	1,27	1,46		1,14	1,56	1,58		1,01
lobe gauche								
- <u>CARR... M.M.</u>								
<u>nodule chaud</u>	0,68	0,83	0,91	1,22	1,38	1,7	1,68	1,23
lobe droit								
<u>lobe droit</u>	1,14	1,1	1,11	0,96	1,23	1,2	1,32	0,97
lobe gauche								
- <u>DJED... Z.</u>								
<u>nodule froid</u>	0,69	0,45		0,65	0,96	0,65		0,67
reste lobe droit								
<u>nodule froid</u>	0,61	0,35		0,57	1,11	0,61		0,54
lobe droit								
<u>reste lobe gauche</u>	0,88	0,77		0,87	1,16	0,95		0,81
lobe droit								
- <u>DURA... M.L.</u>								
<u>nodule chaud D</u>	0,05	0,09	0,03	0,6	0,39	0,17	0,29	0,43
nodule chaud G								
<u>lobe droit</u>	0,17	0,97	0,1	0,41	0,17	0,1	0,19	0,58
nodule chaud G								
<u>reste lobe gauche</u>	0,04	0,015	0,01	0,37	0,29	0,1	0,12	0,34
nodule chaud G								
- <u>GIBE... M.L.</u>								
<u>lobe droit</u>	6,06	1,8	1,83	0,3	7	2,12	2,18	0,3
lobe gauche								
- <u>GIRA... J.</u>								
<u>nodule chaud</u>	2,19	3,65		1,66	2,36	5,32		2,25
reste glande								
		<u>Stimulation</u>						
<u>nodule chaud</u>	0,76	0,8		1,05	1,14	1,22		1,07
reste glande								

	F I X A T I O N				C O N C E N T R A T I O N			
	I 131	Tc précoce	Tc tardif	$\frac{T_{cp}}{I}$	I 131	Tc précoce	Tc tardif	$\frac{T_{cp}}{I}$
- <u>GREV... S.</u>								
<u>nodule chaud</u> <u>totalité</u>	0,49	0,4	0,41	0,81	2,07	1,71	1,72	0,82
<u>lobe droit</u> <u>totalité</u>	0,97	0,73	0,73	0,75	1,63	1,23	1,23	0,75
		<u>Freination</u>						
<u>nodule chaud</u> <u>totalité</u>	0,61	0,45		0,73	1,38	0,74		0,54
<u>lobe droit</u> <u>totalité</u>	0,80	0,67		0,83	1,10	0,77		0,69
- <u>JOLY... B.</u>								
<u>nodule chaud</u> (1) <u>totalité lobe D</u>	0,39	0,41		1,05	1,65	1,4		0,84
<u>nodule chaud</u> (2) <u>totalité lobe D</u>	0,29	0,28		0,97	1,35	1,22		0,9
<u>Lacune</u> <u>totalité lobe D</u>	0,4	0,44		1,1	0,56	0,59		1,05
<u>totalité lobe G</u> <u>totalité lobe D</u>	1,38	1,46		1,06	0,77	0,79		1,02
- <u>MARC... A.</u>								
<u>nodule froid</u> <u>lobe gauche</u>	0,33	0,32		0,96	0,33	0,31		0,93
<u>reste lobe droit</u> <u>lobe gauche</u>	0,81	0,7		0,86	0,82	0,7		0,85
<u>nodule froid</u> <u>reste lobe droit</u>	0,41	0,48		1,17	0,41	0,44		1,07
<u>MART... G.</u>								
<u>nodule droit</u> <u>reste glande</u>	0,66	0,7	0,8	1,06	2,19	2,32	2,66	1,06
- <u>MART... M.</u>								
<u>lobe droit</u> <u>lobe gauche</u>	1,48	1,7	1,63	1,14	0,66	0,78	0,84	1,18

	F I X A T I O N				C O N C E N T R A T I O N			
	I 131	Tc précoce	Tc tardif	$\frac{Tc_p}{I}$	I 131	Tc précoce	Tc tardif	$\frac{Tc_p}{I}$
- <u>MONT... M.</u>								
<u>nodule chaud D</u> <u>reste parenchyme</u>	0,15	0,11		0,73	2,85	2,1		0,73
<u>nodule chaud</u> <u>supérieur G</u> <u>reste parenchyme</u>	0,24	0,22		0,91	2,71	2,5		0,92
<u>nodule supérieur</u> <u>gauche</u> <u>reste parenchyme</u>	0,06	0,07		1,16	1,54	1,7		1,1
- <u>MORE... A.</u>								
<u>lobe droit</u> <u>lobe gauche</u>	1,48	1,77	1,7	1,19	1,07	1,19	1,06	1,11
- <u>PANC... A.</u>								
<u>nodule froid</u> <u>reste lobe gauche</u>	0,36	0,43	0,67	1,19	0,97	0,81	1,52	0,83
<u>nodule froid</u> <u>lobe droit</u>	1,64	1,8	3,77	1,09	1,46	1,66	3,38	1,13
<u>reste lobe gauche</u> <u>lobe droit</u>	4,48	4,2	5,6	0,93	1,19	1,1	2,22	0,92
- <u>PEGA... E.</u>								
<u>nodule chaud</u> <u>reste parenchyme</u>	0,28	0,39	0,25	1,39	1,74	2,15	1,58	1,23
<u>nodule froid</u> <u>reste parenchyme</u>	0,1	0,16	0,14	1,6	0,86	1,1	1,03	1,27
<u>nodule chaud</u> <u>nodule froid</u>	2,65	2,42	1,7	0,91	2,01	1,95	1,52	0,96
- <u>PINE... M.L.</u>								
<u>nodule chaud</u> <u>extérieur G.</u> <u>totalité thyroïde</u>	0,15	0,22		1,46	1,86	2,53		1,36
<u>nodule chaud</u> <u>intérieur G</u> <u>totalité thyroïde</u>	0,04	0,04		1	1,86	1,58		0,84
<u>nodule chaud</u> <u>isthmique</u> <u>totalité thyroïde</u>	0,01	0,01		1	1,08	1,3		1,2

	F I X A T I O N				C O N C E N T R A T I O N			
	I 131	Tc précoce	Tc tardif	$\frac{Tc_p}{I}$	I 131	Tc précoce	Tc tardif	$\frac{Tc_p}{I}$
<u>nodule chaud</u> <u>para-isthmique</u> totalité thyroïde	0,03	0,02		0,66	1,52	1,42		0,93
<u>nodule chaud</u> <u>para-isthmique</u> totalité thyroïde	0,08	0,09		1,12	1,6	1,4		0,87
- <u>SAGUE... R.</u>								
<u>nodule froid G.</u> lobe droit	0,48	0,52	1,5	1,08	0,32	0,32	1,09	1
<u>foyer chaud G.</u> lobe droit	0,07	0,08	0,18	1,14	0,75	0,66	1,66	0,87
- <u>SALC... A.</u>								
<u>nodule froid</u> reste lobe gauche	0,24	0,35		1,45	0,81	0,91		1,12
<u>lobe droit</u> reste lobe gauche	0,92	1,01		1,09	0,95	1,04		1,09
- <u>SENO... F.</u>								
<u>nodule chaud (1)</u> R. parenchyme	1,14	0,79		0,69	3,75	4,31		1,15
<u>nodule chaud (2)</u> R. parenchyme	0,1	0,12		1,14	1,58	1,62		1,02
<u>nodule chaud (3)</u> R. parenchyme	0,08	0,06		0,75	1,45	1,01		0,69
<u>nodule chaud (4)</u> R. parenchyme	0,17	0,15		0,85	1,83	1,65		0,9
- <u>TESS... J.</u>								
<u>lobe droit</u> lobe gauche	2,02	2,43	3,08	1,2	0,68	0,94	1,27	1,38
- <u>TRUC... C.</u>								
<u>lobe gauche</u> lobe droit	2	1,61	1,86	0,8	1,28	1,09	1,23	0,85

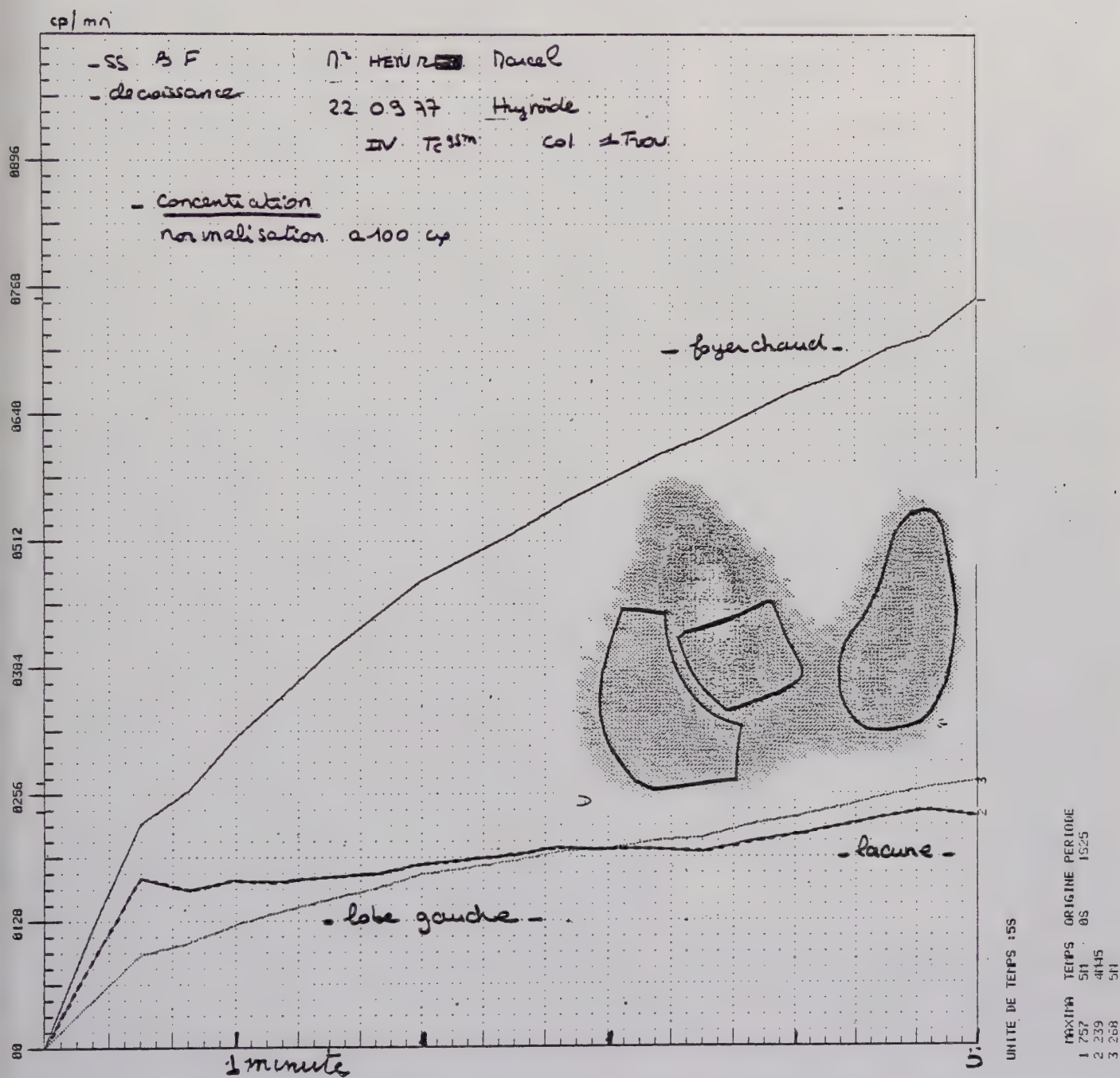
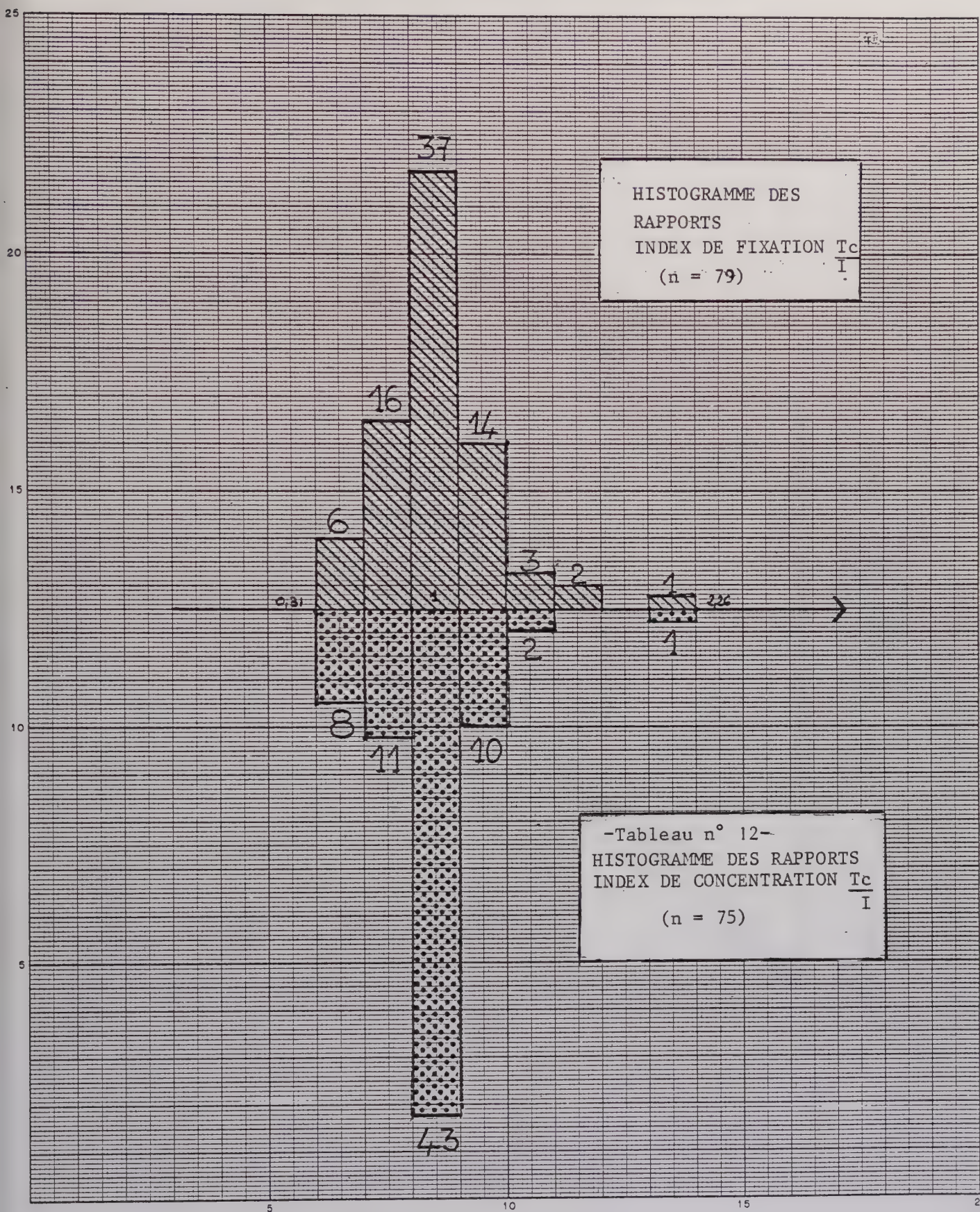


TABLEAU N° 11

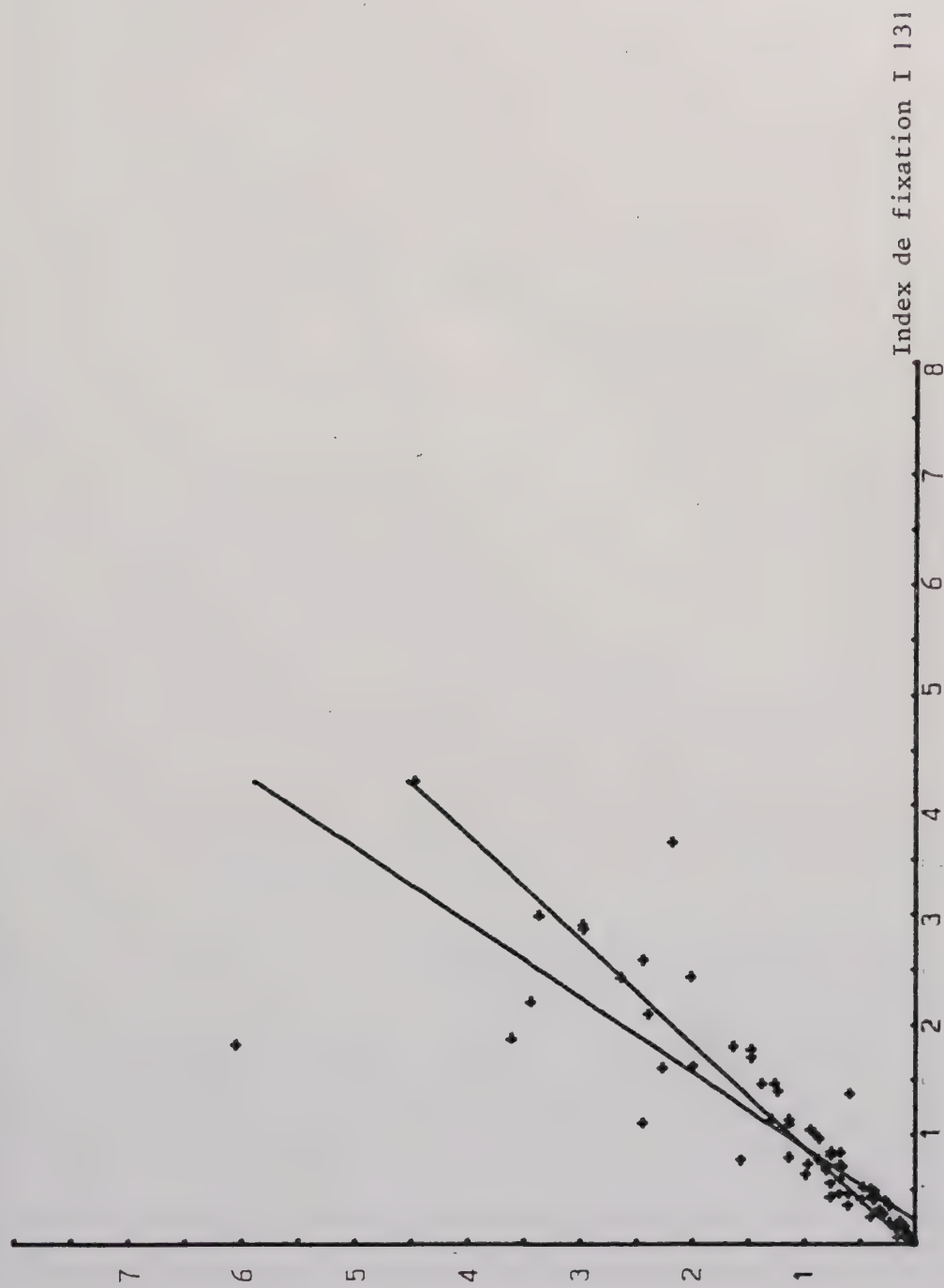
VARIATION EN FONCTION DU TEMPS DE LA CONCENTRATION EN Tc 99m AU NIVEAU DE
LA BASE DU LOBE THYROÏDIEN DROIT, DE LA LACUNE DROITE ET DU LOBE GAUCHE.

Inversion de la concentration relative de la zone lacunaire droite, par rapport au lobe gauche, à partir de la 3ème minute.





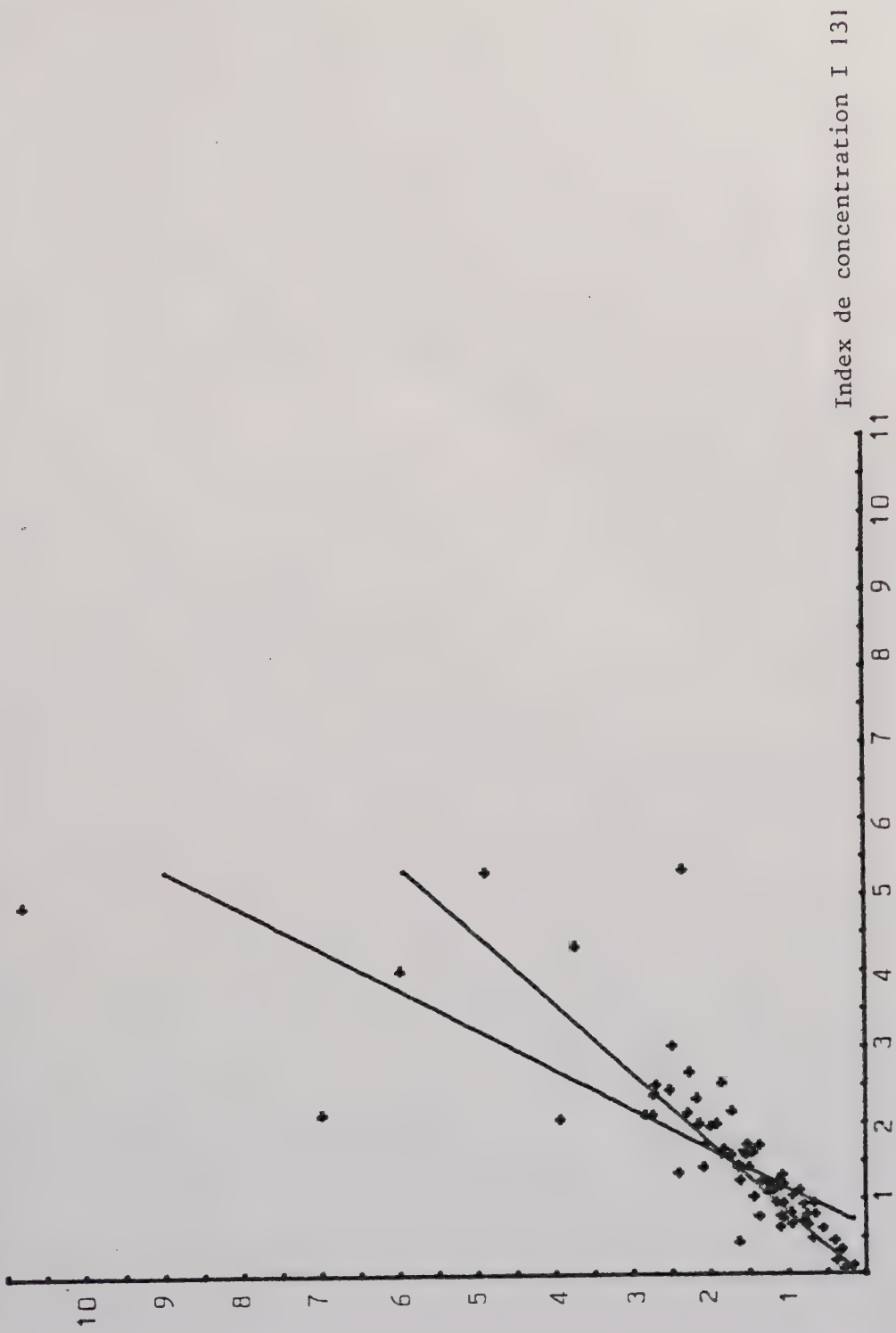
Index de fixation Tc 99m



- Tableau n° 13 - CORRELATION DES INDEX DE FIXATION

$$\frac{Tc\ 99m - I\ 131}{n = 79} \quad r = 0,718$$

Index de concentration Tc 99m

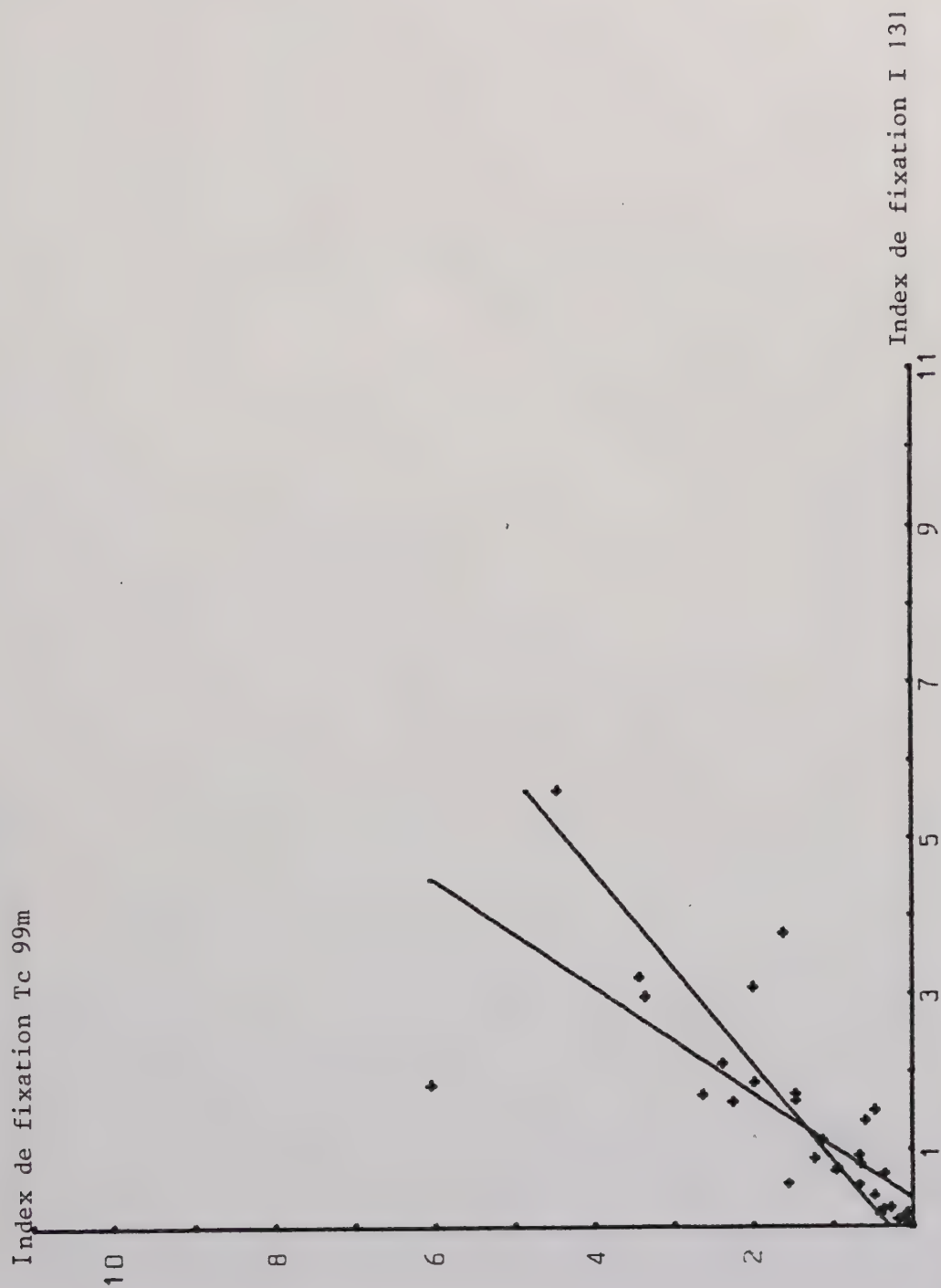


- Tableau n° 14 - CORRELATION DES INDEX DE CONCENTRATION

Tc 99m - I 131

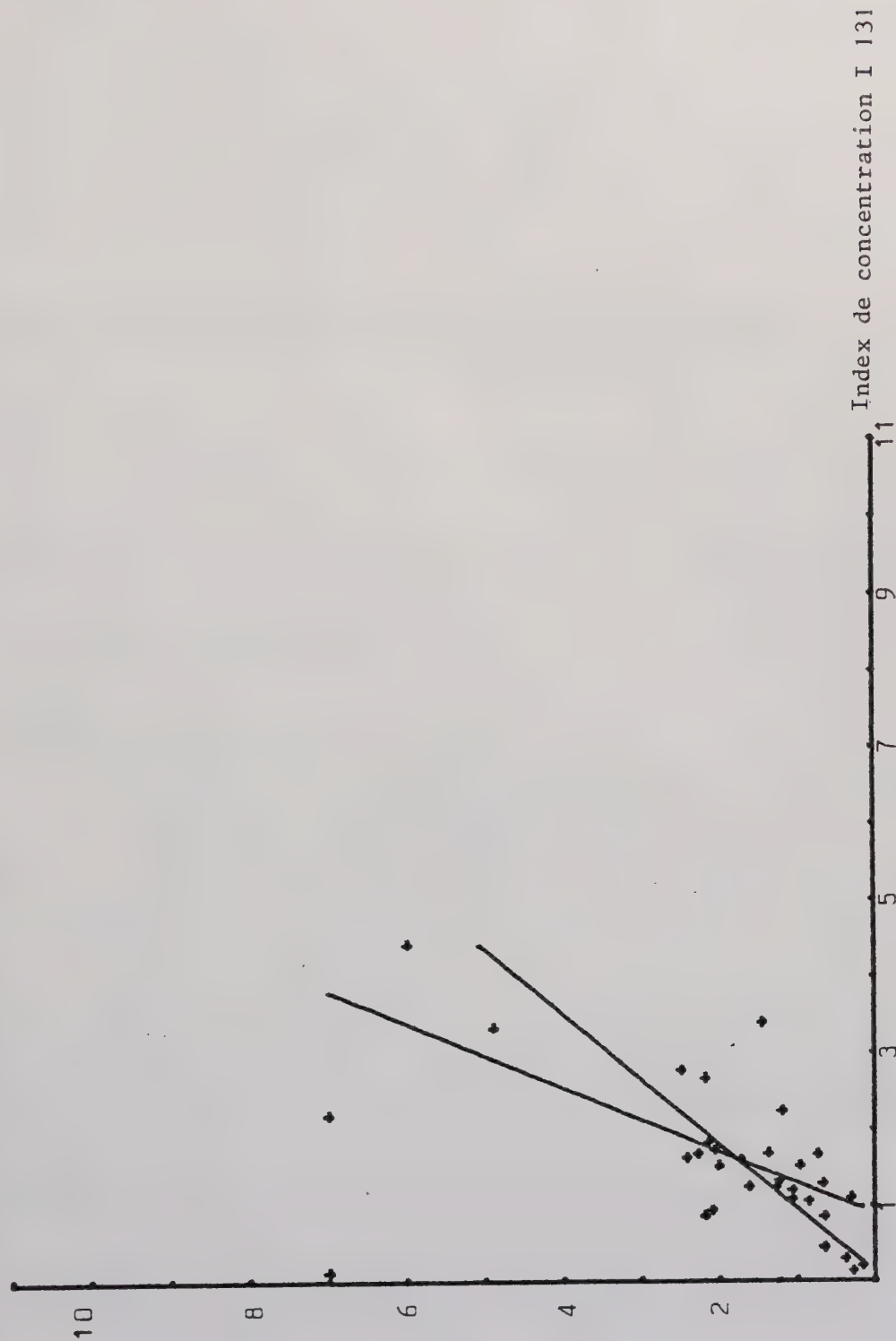
n = 75

r = 0,573



- Tableau n° 15 - CORRELATION DES INDEX DE FIXATION
Tc 99m (24ème h.) - I 131 (24ème h.)
n = 33 r = 0,553

Index de concentration Tc 99m



- Tableau n° 16 -

CORRELATION DES INDEX DE CONCENTRATION
Tc 99m (24ème h:) - I 131 (24ème h.)
n = 29
r = 0,492

OBSERVATIONS

Nodule chaud au Tc 99 m précoce et tardif froid à l'iode 131.

BROS... T.

Sexe : féminin

Age : 63 ans

Dg. : goitre pluri nodulaire à prédominance colloïde.

malade adressée par le Doct. MACEE, pour expertise d'un goitre nodulaire ancien.

examen : présence de 2 nodules importants, l'un para isthmique gauche, l'autre au niveau du lobe droit.

bilan thyroïdien :

- Réflexogramme achilléen : 270 ms
- exploration à l'iode radio-actif (I 131)
 - fixation dans la région thyroïdienne en % de dose ingérée :
 - 2è heure : 22 % ; 24è heure : 53 %
 - élimination urinaire cumulée en % de dose ingérée :
 - en 24 heures : 33 %
- exploration thyroïdienne in vitro
 - PB1 : 6,2 µg/ml
 - T3 : 27 %
 - T4 ria : 8 µg/100 ml
 - T3 x T4 : 2,16
 - TSH : 2 ng/ml
- conclusion :
 - il existe une augmentation isolée de la fixation thyroïdienne.

scintigraphies :

- réalisée 20' après injection I.V. de 99 m Tc.
 - sur un fond de faible densité, on remarque 2 foyers chauds avec des zones lacunaires interne et un petit foyer chaud isthmique.
- réalisée 24 h après ingestion d'iode 131.
 - le tracé montre essentiellement la fixation de cet isotope au niveau du lobe gauche (base) et de la partie supéro interne du lobe droit.
- réalisée 24 h après injection I.V. de Tc 99 m : aspect identique du Tc 99 m précoce.
- les index de fixation réalisés permettent d'obtenir les résultats suivants :

	I 131	Tc précoce	Tc tardif
a/ <u>foyer chaud droit</u>			
Reste du parenchyme non chaud	0,95	1,04	0,74
b/ <u>foyer chaud gauche</u>	1,57	0,76	0,54
Reste du parenchyme non chaud			
c/ <u>foyer chaud gauche</u>	0,60	1,37	1,37
Foyer chaud droit			

devenir du malade :

11.3.76 : malade opérée à Roanne (Dr MARGOTTON)
Thyroïdectomie quasi totale.

Compte-rendu anatomo pathologique (Pr VAUZELLE)

"goitre pluri nodulaire à prédominance colloïde sans signe suspect de malignité histologique"... On ne note aucune anomalie pouvant expliquer la discordance de la répartition entre les 2 traceurs employés.

Discussion :

Dans cette observation, il y a une discordance des données de l'iode et du Tc 99 m à la fois au temps précoce et au temps tardif, au niveau seulement de l'un des nodules palpables.

Cette discordance paraît exceptionnellement plus nette sur les scintigrammes que sur les index de fixation.

° °
°°

Nodule chaud au Tc 99 m - isofixant à l'iode 123.

COLI... G.

Sexe : féminin

Age : 65 ans

Dg. : nodule isofixant isolé - goitre adénomateux de type colloïde.

malade présentant un nodule thyroïdien para isthmique droit connu depuis longtemps. Ce nodule semble avoir augmenté de volume depuis 6 mois. On note un amaigrissement.

examen : nodule para isthmique droit sans adénopathie satellite ni signe de dysthyroïdie.

bilan thyroïdien :

- Réflexogramme achilléen : 280 ms.

- exploration à l'iode radio-actif (I 131 et I 123).

- fixation dans la région thyroïdienne en % de dose ingérée :

	I 131	I 123
2è heure	5 %	6 %
24è heure	23 %	23 %

- élimination urinaire cumulée en % de dose ingérée :

en 24 heures : 54 %
 - exploration thyroïdienne in vitro
 PBI : 4,80 μ q/100 ml
 ETR : 1,01

scintigraphies :

4.10.73 : réalisée 20' après injection I.V. de 99 m Tc (100 K θ = 216 s.)
 foyer très chaud au niveau du pôle supérieur du lobe droit. Le nodule palpable est isofixant, la base du lobe droit présente un prolongement descendant sous la clavicule.

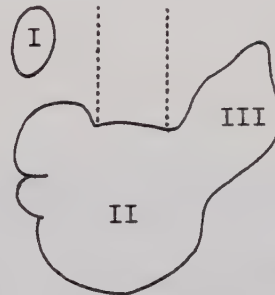
3.10.73 : réalisée 6 heures après ingestion d'iode 123. (100 k θ = 472 s.)
 On ne retrouve pas le foyer chaud du pôle supérieur du lobe droit.
 Par ailleurs l'aspect scintigraphique est identique.

devenir du malade :

Le 11.10.73 : malade opérée au Centre Léon Bérard (Dr COLON).
 Thyroïdectomie subtotale.

"il s'agit d'une formation adénomateuse développée aux dépens de l'isthme et du pôle inférieur du lobe droit - exérèse - fermeture sur un drain en 3 plans".

Compte rendu anatomo pathologique (Dr BAILLY)



I "lobe droit : nodule adénomateux...
 ... pas de signe de malignité".

II isthme : "volumineux kyste plus ou moins jointif, fait de vésicules ectasiées..
 pas de signe de malignité.

III lobe gauche : "aspect superposable au lobe droit".

- conclusion : goitre adénomateux (de type colloïde)
 pas de problème particulier dans les suites.

Discussion :

Le foyer chaud polaire supérieur droit correspond au "nodule adénomateux".

Le nodule adénomateux I présente une affinité pour le Tc 99 m relativement supérieure à celle pour l'iode 123.

Aspect isofixant au Tc 99 m et à l'iode 131 - lacunaire à l'iode 123.

BAL... M.

Sexe : féminin

Age : 75 ans

Dg. : goitre multi nodulaire.

malade suivie par le Pr PAPILLON depuis 1960 pour une tumeur de la lèvre. Il nous l'adresse pour apparition de nodules thyroïdiens.

examen : le corps thyroïde est augmenté de volume avec des nodules au niveau des 2 lobes. On note la présence d'adénopathie carotidienne basse.

bilan thyroïdien :

- Réflexogramme achilléen : 235 ms.
- exploration à l'iode radio-actif (I 131 et I 123)
 - fixation dans la région cervicale en % de dose ingérée

	I 131	I 123
1ère heure	6 %	6 %
18è heure	42 %	37 %
 - élimination urinaire

18ème heure	38 %	36 %
-------------	------	------
- exploration thyroïdienne in vitro

PBI	: 3,8 µq/100 ml
Ts	: 1
ETR	: 1,03
- conclusion :
 - métabolisme de l'iode normal .

scintigraphies :

- 26.1.73 : réalisée 1 heure après injection I.V. de 99 m Tc.
montre sur un fond assez homogène (300k θ = 451 s) plusieurs foyers chauds.
- 25.1.73 : réalisée 6 heures après ingestion d'iode 123.(300k θ = 549 s)
montre les mêmes foyers chauds mais le fond apparaît être multilacunaire.
- 25.1.73 : réalisée 24 heures après ingestion d'iode 131 (100k θ = 570s)
aspect se rapprochant de celui découvert avec le 99 m Tc, cependant moins bien défini.

devenir de la malade :

Intervention faite au Centre Léon Bérard (Dr COLON)
"curage cervical droit emportant de nombreux ganglions cervicaux, supérieur, moyen, et inférieur".
..."étant donné la première réponse histologique d'épithélium malpighien, on ne touche pas à la thyroïde..."

Discussion :

La discordance entre les cartographies réalisées au Tc 99 m et à l'iode 123 ne sont pas à mettre sur le compte de paramètres physiques : les énergies des photons γ du Tc et de l'iode 123 sont assez voisines ; les nombres d'impulsions cumulées pendant les 2 scintigraphies sont égaux ; les temps ne sont pas très différents. Dans ces conditions la différence des scintigrammes s'explique vraisemblablement par les propriétés physiologiques différentes et par l'horaire de la scintigraphie.

Les discordances entre les données de la scintigraphie à l'iode 123 et à celle réalisée à l'iode 131 sont essentiellement sous la dépendance de facteur physique : nombre d'impulsions cumulées plus grand avec l'iode 123 ; rendement de détection meilleure avec l'iode 123.

° °
°°

Nodule froid au Tc 99 m précoce et à l'iode 131 isofixant au Tc 99 m tardif.

RAV... F.

Sexe : féminin
Age : 54 ans
Dg. : hématocele

malade adressée par le Docteur VIAN (Polyclinique "La roseraie" à Venissieux) pour goitre thyroïdien ancien mais entraînant depuis peu une gêne avec sensation d'étouffement, palpation...etc.

examen : nodule au lobe droit, de 4 cm de diamètre, pas d'adénopathie satellite.

bilan thyroïdien :

- exploration de l'iode radio actif (I 131)
 - fixation thyroïdienne en % de dose ingérée
 - 2è heure : 15 %
 - 24è heure : 41 %
 - élimination urinaire cumulée
 - en 24 heures : 45 %
- exploration thyroïdienne in vitro
 - PBI : 5,2 µg/100 ml
 - T3 : 30 %
 - T4 ria : 10,7 µg/100 ml
 - Ts x T4 : 3,4
 - TSH : 1,4 ng/ml.
- conclusion :
 - métabolisme de l'iode normal.

scintigraphies :

- 17.2.76 : réalisée 24 heures après ingestion d'iode 131 (60 k θ = 601 s.)
On note un lobe thyroïdien droit hypertrophié, siège d'un nodule froid suspect.
- 17.2.76 : réalisée 20' après injection de 99 m Tc (900 k, θ = 169 s.)
aspect identique à celui réalisé avec l'iode 131.
- 18.2.76 : REALISEE 24 heures après injection de 99 m Tc (100.k θ = 399s)
montre une réimprégnation très importante du nodule, ne laissant subsister que 2 lacunes marginales externes encochées sur le bord supéro-externe du lobe droit.
Par ailleurs, on note un foyer chaud au niveau de la base du lobe gauche.

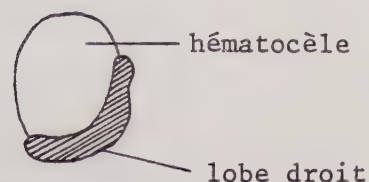
devenir du malade :

- 17.3.76 : intervention effectuée au Centre L. Bérard (Pr F. MAYER).
Exérèse du nodule thyroïdien.
- ..."à droite, il existe une hématocele de 4 cm de diamètre que l'on peut bien cliver en enlevant simplement au niveau de sa base une mince

lame de ce corps thyroïde".

compte-rendu anatomo-pathologique (Dr P. NOEL)

nodule thyroïdien du lobe droit
 "aspect d'hématocèle typique"
 "le reste du tissu prend un aspect de
 type adénomateux et colloïde".



Discussion :

Il s'agit d'un cas typique de discordance retardée avec le Tc 99 m du type "réchauffement" d'un nodule froid à l'iode 131 et un temps précoce avec le technetium.

Cette observation montre bien que les tracés pratiqués 24 heures après une injection I.V. de Tc 99 m et sur le pic de ce radio nuclide représentent essentiellement la répartition du technetium et non de l'iode. Dans ces conditions, pendant la scintigraphie tardive au technetium, le nombre d'impulsions dues à l'iode, dans le canal du technetium a été trouvé égal à 37 000, ce qui laisse 67 000 impulsions dues aux photons du technetium.

° °
 °°

Nodule froid à l'iode 131 et Tc 99 m précoce, isofixant au Tc 99 m tardif.

PAN... V.

Sexe : féminin
 Age : 45 ans
 Dg. : goitre nodulaire basal gauche.

malade adressée par le Pr MAYER, porteuse d'un gros goitre qui vient d'avoir une poussée d'oedème.

examen : gros goitre diffus avec aspect nodulaire para isthmique droit.
 On ne note pas d'adénopathie satellite, voix éraillée,

bilan thyroïdien :

- exploration à l'iode radio actif (I 131)
 - fixation dans la région thyroïdienne en % de dose ingérée.
 - 2è heure : 16 %
 - 24è heure : 35 %.
 - élimination urinaire cumulée en % de dose ingérée.
 - en 24 heures : 39 %.
- exploration thyroïdienne in vitro
 - PBI : 4,6 g/100 ml
 - T3 : 27,2 %
 - T4 : 7 g/100 ml
 - Ts x T4 : 1,9
 - TSH : 0,65 ng/ml
 - LTs : 1 ng/ml
- conclusion :
 - bilan normal.

scintigraphies :

7.7.76 : réalisées 24 heures après ingestion d'iode 131 (20 k, $\theta = 459$ s.)
 lobe gauche sensiblement normal.
 lobe droit hypertrophié avec un aspect lacunaire débordant vers l'isthme.

7.7.76 : réalisée 15 minutes après injection I.V. de 99 m Tc.
 meilleure définition du corps thyroïde
 et des zones lacunaires de la base du lobe droit.

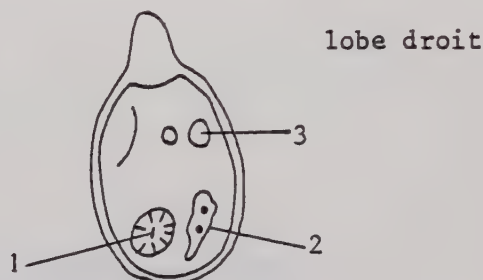
8.7.76 : réalisée 24 heures après injection I.V. de 99 m Tc.
 montre un net réchauffement de la partie lacunaire

Les rapports de concentration moyenne d'activité entre le nodule froid et le lobe gauche pris comme référence :

	T 131	Tc 99 m 1 h.	Tc 24 h
<u>Nodule froid Droit :</u>	0,97	0,81	(1,52)
<u>Lobe gauche</u>			

devenir de la malade :

12.11.76 : intervention sur la thyroïde au Centre Léon Bérard (Pr MAYER)
 ... "lobectomie subtotale à droite, que l'on fait d'autant plus volontiers qu'il s'agit d'une tumeur macroscopiquement bénigne"...

compte rendu anatomo pathologique :

1/ Cavité

... "tissu thyroïdien polyadénomateux remanié avec fibrose, inflammation, hémorragie et notamment un hématocele.

2/ Zone calcifiée

... "on trouve de vastes calcifications en périphérie de ce goitre remanié. On trouve des plages momifiées".
 on ne voit pas d'évidence de malignité"...

3/ ilot adénomateux

... "aspect de goitre colloïde très remanié"...

4/ reste du nodule

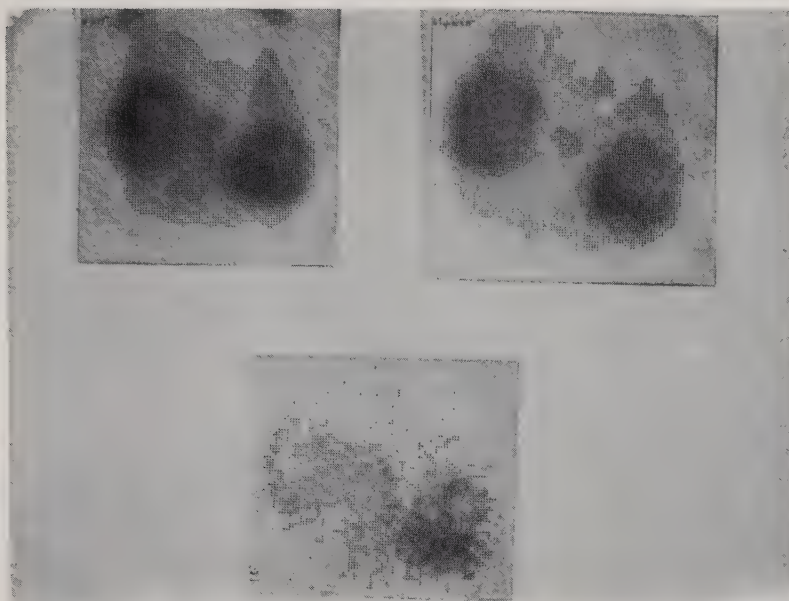
aspect de type goitre poly adénomateux.

Conclusion :

Goitre poly adénomateux remanié par la sclérose, les hémorragies, l'inflammation. Pas d'évidence de malignité.

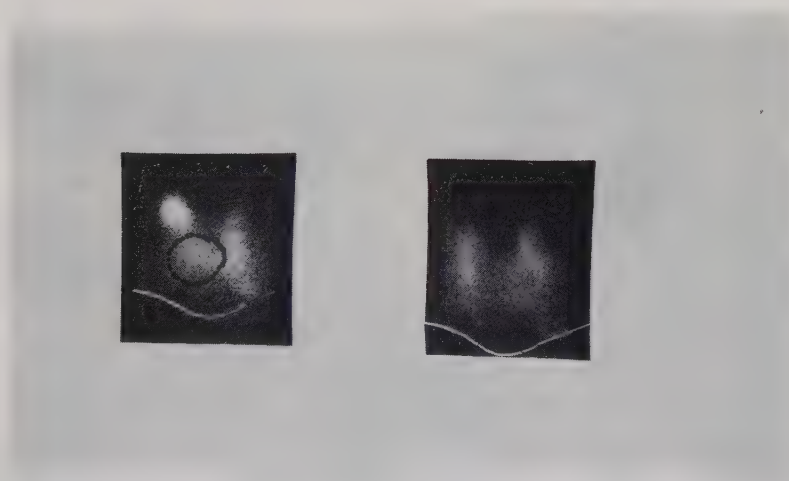
Discussion :

Cette observation montre un réchauffement tardif au Tc 99 m aussi bien sur le scintigramme que d'après les index de fixation.



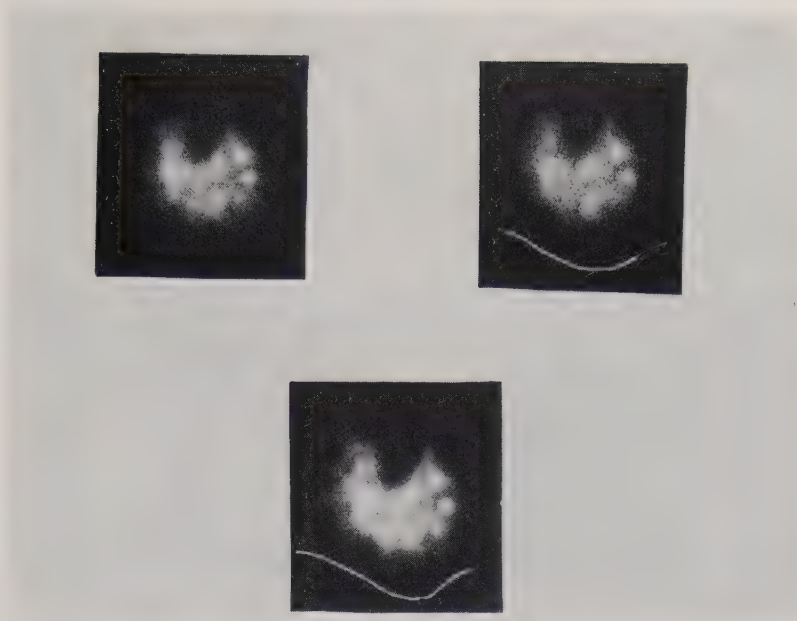
BROS... T.

Nodule chaud au 99m Tc précocce et tardif. Froid avec I 131.
 En haut, à gauche : 99 m Tc précocce ; à droite 99 m Tc tardif.
 En bas : Iode 131 : aspect froid du nodule lobaire droit.
Anatomo-pathologie : goître colloïde.



COLI... G.

Foyer chaud au 99m Tc précocce. Isofixant à l'iode 123.
 A gauche : 99m Tc précocce, foyer chaud lobaire supérieur droit N = 100 k
 $\theta = 216$ s. A droite : aspect isofixant du foyer chaud supérieur droit à
 l'iode 123 N = 100 k $\theta = 472$ s.
Anatomo-pathologie : goître adénomateux de type colloïde, le foyer chaud
 correspond à un nodule adénomateux.



BAL... M.

Aspect isofixant au 99m Tc et à l'I 131 ; lacunaire à I 123.

En haut, à gauche : 99m Tc précoce : N = 300 k θ = 451 s.

En haut, à droite : I 131 : N = 100 k θ = 570 s.

En bas, : I 123 : on note les mêmes foyers chauds, le fond paraît multilacunaire N = 300 k θ = 399 s



RAV... F.

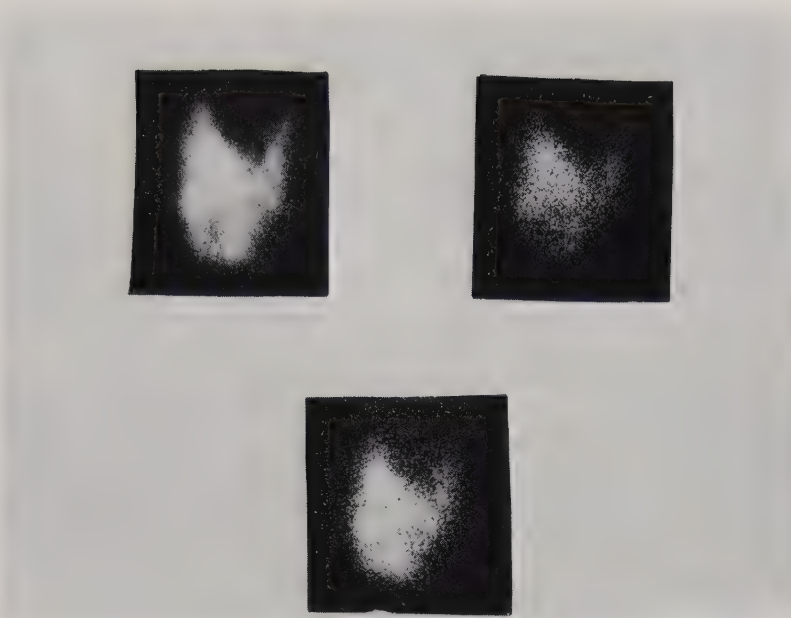
Nodule froid au 99m Tc précoce et à l'iode 131. Isofixant au 99 m Tc tardif.

En haut à gauche : 99m Tc N = 900 k θ = 169 s.

En haut à droite : I 131 N = 60 k θ = 601 s.

En bas : 99m Tc tardif : "réchauffement" de la lacune marginale externe du lobe droit N = 100 k θ = 399 s

Anatomo-pathologie : hémato-cèle



PAN... V.

Nodule froid à l'iode 131 et au 99m Tc précocce ; isofixant au 99m Tc tardif.

En haut, à gauche : 99m Tc précocce : aspect lacunaire de la base du lobe droit.

En haut, à droite : I 131 aspect identique au 99m Tc mais moins bien défini.

En bas : 99m Tc tardif : "réchauffement" de la lacune du lobe droit.

Anatomo-pathologie : goître polyadénomateux remanié par la sclérose , les hémorragies. L'aspect lacunaire inférieur correspondrait à une hématoçèle.

- Scintigraphie I 131 : N = 30 k, θ = 459 s
- Scintigraphie 99m Tc : N = 900 k, θ = 180 s
- Scintigraphie 99m Tc tardif : N = 80 k, θ = 400 s.

RESULTATS DE LA LITTERATURE

Plusieurs travaux ont été consacrés à la comparaison des données de la scintigraphie thyroïdienne pratiquée après administration de technetium et d'iode radio actif.

En 1970, STEINBERG et coll. (72) rapportent le cas d'un homme de 49 ans présentant un nodule du pôle supérieur du lobe droit. L'exploration scintigraphique au technetium a montré un foyer chaud en regard du nodule. Au cours d'une épreuve de freination l'aspect scintigraphique au technetium est modifié dans le sens d'une freination du parenchyme restant.

Trois jours avant une lobectomie droite, on administre au patient de l'iode 125. Après opération, l'examen anatomo pathologique objective un carcinome folliculaire. Le malade est réopéré 11 jours plus tard. Des auto radiographies sont pratiquées. Elles montrent que, le nodule ne fixe pratiquement pas l'iode 125 qui se concentre uniquement dans de rares follicules. Ce radio élément serait fixé sur la partie soluble de la thyroglobuline (étude après ultra-centrifugation).

La même année, STRAUSS et coll. (73) présentent un travail consacré aux avantages du technetium 99 m en scintigraphie thyroïdienne en cas de faible fixation du radio iode (inférieure à 15 % à la 24^e heure). La comparaison chez 56 patients des données du technetium et de l'iode 131 a fourni les résultats suivants : le technetium permet d'obtenir une image :

- . de meilleure qualité dans 26 cas soit 46 % des cas ;
- . de qualité équivalente à celle de l'iode dans 20 cas soit 36 % des cas ;
- . de qualité inférieure à celle de l'iode dans 10 cas soit 18 % des cas.

Les auteurs présentent l'exemple d'une thyroïde ne fixant pas l'iode et concentrant le technetium (documents).

Par ailleurs ils signalent 2 cas de discordance du type nodule chaud au technetium et froid à l'iode. Aucune information anatomo pathologique concernant ces deux cas n'est donnée.

En 1970, MASSIN et coll. (51) rapportent un cas de discordance entre les données scintigraphiques de l'iode 131 et celle du technetium. Il s'agit d'un nodule para isthmique droit qui est trouvé isofixant avec le radio iode et hyperfixant avec le technetium.

Les 2 cartographies ont été réalisées avec un Scanner.

En 1971, USHER et ARZOUMANIAN (78) rapportent le cas d'une femme de 29 ans

présentant un nodule du pôle inférieur du lobe droit. Froid avec l'iode 131, ce nodule est devenu chaud avec le technetium. L'examen anatomopathologique a révélé un adénome trabéculaire avec "quelques anomalies cellulaires".

Les auteurs recommandent l'iode pour les examens de routine et le technetium lorsque le radio iode ne donne pas de bons résultats.

En 1973, ATKINS et coll. (2) présentent un travail comparant les possibilités du technetium 99 m et de l'iode 123 en scintigraphie thyroïdienne. L'étude comprend 102 explorations (en double) réalisées chez 100 malades. La répartition des malades fait apparaître 5 hypothyroïdies, 77 euthyroïdies, 15 hyperthyroïdies, 1 thyroïdite subaiguë, 1 thyroïdite chronique. En ce qui concerne la qualité de l'image, les résultats obtenus peuvent être présentés comme suit :

mauvaise qualité	: 1 avec l'iode 123 5 avec le technetium
bonne qualité	: 5 avec l'iode 123 14 avec le technetium
très bonne qualité	: 96 avec l'iode 123 83 avec le technetium

En règle générale les scintigrammes obtenus avec l'iode 123 sont meilleurs du fait de la plus grande concentration par la thyroïde de ce radio nucléide.

Les auteurs signalent 5 cas de discordance parmi les 102 explorations :

- . 1 cas de goitre rétro sternal dans lequel la partie rétro sternale est mieux individualisée avec l'iode 123 tandis qu'un nodule de la partie cervicale de la thyroïde s'avère chaud au technetium et tiède à l'iode 123.
- . 1 cas de thyroïdite d'HASHIMOTO avec des nodules "mieux vus" avec l'iode 123.
- . 3 cas de nodule chaud au technetium et "plus ou moins froid" avec l'iode 123. Dans un cas il s'agissait d'un patient ayant subi une curiethérapie métabolique pour hyperthyroïdie 18 mois avant.

Enfin, ATKINS et collaborateurs décrivent sur les scintigrammes avec le technetium un prolongement inférieur de l'image correspondant à la salive marquée imprégnant le pharynx.

En 1974, SHAMBAUGH et collaborateurs (63) rapportent leur expérience concernant 204 malades présentant un goitre multinodulaire dans 40 cas
un nodule dans 108 cas
une thyroïdite subaiguë dans 2 cas
un carcinome dans 2 cas
une thyroïde normale dans 52 cas

le matériel utilisé pour l'iode 125 ou 131 est un Scanner, tandis que l'examen au 99 m Tc est pratiqué à l'aide d'une gamme camera.

Les auteurs rapportent 7 cas de discordance dont 5 parmi un groupe de 26

malades opérés et 2 parmi les 178 autres non opérés.

Chez les 26 patients du premier groupe, un examen anatomo pathologique a été pratiqué. Il a révélé :

- . 1 adénome folliculaire chaud au technetium et froid à l'iode 125
- . 1 cancer folliculo papillaire avec un nodule et une adénopathie fonctionnels vis-à-vis du technetium et ne captant pas le radio iode (1 125).
- . 3 goitres adénomateux dans lesquels il y a un nodule fixant le technetium et non le radio iode.

Chez les 178 patients non vérifiés chirurgicalement 2 discordances ont été constatées :

- . 1 goitre multinodulaire : les auteurs ne spécifient pas le type de discordance
- . 1 thyroïdite dont l'histoire est décrite. En janvier 72 tableau de thyroïdite à minima. En mars 1972, l'exploration radio isotopique montre une fixation thyroïdienne effondrée et sur les scintigraphies, on note au niveau du lobe droit une très petite surface fixant l'iode 125 et une plus grande aire fixant le Tc 99 m. En mai 1972, on constate une amélioration de la fixation thyroïdienne et une visualisation du lobe droit avec le technetium et toujours une très petite surface fixant l'iode 125.

Dans ce cas, l'auteur pense que la discordance constatée est le reflet d'une étape vers la guérison totale, ou la fonction de captation réapparaîtrait avant la fonction d'organification.

En conclusion, les auteurs rapportent 7 cas de discordances parmi 204 explorations en double.

En 1975, HIRABAYASHI et coll. (37) rapportent le cas d'une femme de 36 ans, présentant un nodule thyroïdien gauche. Ce nodule s'avère froid à l'iode et tiède au technetium. L'examen anatomo pathologique révèle un adénome à cellule de HURTHLE.

En 1976, CHATAL et coll. (20) rapportent un cas de discordance entre l'iode 131 et le technetium. Un malade de 54 ans est hospitalisé pour douleurs thoraciques. Le bilan général révèle un gros nodule thyroïdien droit avec des adénopathies satellites, un épanchement pleural et une image nodulaire du champ droit. La scintigraphie à l'iode 131 objective un nodule froid de la base du lobe droit. Sur le scintigramme précoce (1/2 h) au technetium, le lobe droit paraît hypertrophié, fonctionnel avec une lacune centrale (aspect de nodule hétérogène). L'examen anatomopathologique a montré un épithélioma vésiculaire et indifférencié.

En 1976, TURNER et SPENCER (76) décrivent l'observation d'une femme de 24 ans présentant un nodule du lobe droit. Le scintigramme précoce au technetium montre que le nodule est très chaud. L'exploration à l'iode objective une très faible fixation au niveau du nodule. L'examen anatomopathologique a révélé un cancer folliculaire avec invasion de la capsule. Pour expliquer la discordance observée les auteurs émettent l'hypothèse de la conservation de la fixation du radio iode mais de la perte de la fonction d'organification de ce traceur.

En 1977, MARJAN (50) et coll. rapportent leurs résultats. Durant 20 mois tous les patients présentant un nodule thyroïdien et des récurrences de cancer thyroïdien ont été expertisés avec le technetium et l'iode 131. Une étude anatomo pathologique a été pratiquée chez 58 patients et a montré 25 cas de cancer. Dans 18 cas, une discordance du type zone fixante au Tc 99 m et non fixante à I 131 a été découverte. Elle correspond à :

- . 12 cas de carcinomes folliculaires sur 12 cas
- . 2 cas de carcinomes papillaires sur 7 cas
- . 1 cas d'adénome folliculaire sur 5 cas
- . 3 cas de goitre nodulaire sur 21 cas.

L'examen attentif des coupes des 2 cas de carcinome papillaire a montré la coexistence de structures de type papillaire et de type folliculaire. Dans 2 cas de carcinome folliculaire, les métastases développées ultérieurement étaient fonctionnelles vis-à-vis du technetium. La captation de l'iode par les métastases était faible dans un cas et nul dans l'autre (même après stimulation par TSH exogène).

- En 1977, J. BRIERE et F.L. GOYON (16) font état de 3 discordances type chaud au Tc 99 m et froid à l'iode, dans la répartition thyroïdienne de l'iode 123 et du Tc 99 m. Sur 115 patients : 2 adénomes bénins et 1 cancer papillaire mixte ; 15 patients ont fait l'objet d'étude comparative des cinétiques précoces au Tc 99 m et de l'iode 123. Durant les 4 premières minutes, il existe, quel que soit le type de malade, une captation équivalente pour les 2 radios nucléides. Dans les cas ne présentant pas de discordance, les cinétiques relatives de la captation et de l'organification sont parallèles.

Pour les 2 discordances, ils ont constaté :

- que les 2 images obtenues précocement (30') au Tc 99 m et à l'iode 123 sont comparables.
- que le test au perchlorate indique dans 1 cas l'existence d'une légère décharge donc, possibilité de trouble à minima de l'organification, dans l'autre cas, ils n'ont rien observé du point de vue anatomo pathologique; il s'agissait dans les 2 cas de formations partiellement nécrosées et de nodule chaud au Tc 99 m. Les auteurs considèrent ces lésions comme étant des formations "chaudes" s'étant nécrosées. Ils émettent l'hypothèse que d'autres images de ce type correspondent à l'évolution vers la nécrose d'adénome initialement toxique.

Les auteurs précisent que, en cas d'image typique d'adénome toxique au Tc 99 m, il n'y a pas de nécessité de renouveler l'examen à l'iode.

- En 1977, PLANCHON (58) consacre sa thèse aux "Discordances scintigraphiques dans l'étude des nodules thyroïdiens par le technetium 99 m et l'iode 131". Le travail concerne 116 cas de nodules thyroïdiens classés, en fonction de leur avidité pour le technetium et de leur volume en :

- . 62 nodules isofixants
- . 13 nodules hétérogènes
- . 8 nodules de petites dimensions.

Les résultats de la comparaison des scintigrammes au Tc 99 m et à I 131 sont présentés dans le tableau suivant :

Tc 99 m I 131	N hyper- fixant	N iso- fixant	N hété- rogène	petit nodule	Total	%
image identique	41	26	9	5	81	70
différence minime	18	0	3	0	21	18
discordance franche	3	7	1	3	14	12
T O T A L	62	33	13	8	116	100

Parmi les 62 nodules chauds au Tc 99 m, il y a 3 discordances franches (aspect froid à l'iode) dont l'une correspond à un adénome bénin.

Parmi les 33 nodules tièdes au Tc 99 m il y a 7 discordances franches (aspect froid à l'iode). Une de ces discordances correspond à un cancer trabéculo vésiculaire.

Parmi les 13 nodules hétérogènes il y a 1 discordance nette correspondant à un aspect froid à l'iode.

Parmi les 8 nodules de petites dimensions, 3 discordances nettes ont été retenues.

Au total, parmi les 116 nodules, 14 ont fourni des discordances franches, ce qui correspond à 12 % des cas. Parmi ces 14 nodules, il y avait 1 cas de cancer (Trabéculo vésiculaire).

En 1977, BRAVINSKY (3) présente une thèse intitulée "Etude comparative du technetium 99 m et de l'iode radio actif dans les scintigraphies de la thyroïde". Le travail porte sur 153 malades dont 88 présentant un nodule thyroïdien. Des discordances ont été observées dans 12 cas.

- 9 discordances parmi les 88 malades présentant des nodules se répartissant comme suit :

- . 2 cas de nodule chaud au technetium isofixant à l'iode.
- . 2 cas de nodule isofixant au Tc 99 m et hypofixant à I 131. Ce type de discordance n'avait pas été décrit dans la littérature.

- . 3 cas de nodule hypofixant au Tc 99 m et isofixant à I 131. (forme non décrite dans la littérature).
- 3 discordances parmi les 65 malades présentant des goîtres hétéronodulaires. Elles sont du type foyer chaud au Tc 99 m et froid à I 131.

Il y a lieu de signaler qu'aucun cas de cancer n'a été retrouvé parmi ces 12 discordances scintigraphiques.

En 1977, O'CONNOR et coll. (57) présentent une étude comparative de la dynamique de captation du Tc 99 m et de I 131, dans un cas de cancer thyroïdien. Il s'agit d'une femme de 78 ans opérée 10 ans plus tôt d'un cancer thyroïdien folliculaire et qui revient en 1974, pour une récurrence du côté droit. La scintigraphie montre que le lobe droit est chaud au technetium et froid à l'iode. Une thyroïdectomie totale est pratiquée. Le contrôle anatomo pathologique objective un carcinome folliculaire à droite. La scintigraphie post-opératoire révèle la persistance d'une petite quantité de parenchyme thyroïdien à droite. Une curiethérapie pie métabolique (15 m Ci I 131) est pratiquée. Les mesures itératives de fixation conduisent à une période biologique de l'iode au sein de ce parenchyme égale à 1,7 jour. En janvier 1976, la malade est revue pour une suspicion de récurrence. Alors que l'exploration avec l'iode 131 ne montre rien, le scintigramme au technetium objective 2 zones fixantes. Une nouvelle scintigraphie est pratiquée 5 heures après ingestion de 1 m Ci d'iode 131. Elle confirme les données de la scintigraphie au technetium 99 m. Une cinétique de la captation des 2 radio nucléides est alors réalisée toutes les demi-heures pendant 12 heures puis 2 à 3 fois par jour. Les résultats obtenus peuvent être schématisés comme suit :

- . le technetium est plus fixé (17 %) que l'iode (11 %)
- . la période biologique du technetium est à 12 heures.
- . la cinétique de l'iode comporte deux exponentielles : la première $T_1 = 12$ heures, ($T_1 = T$) correspond à 97 % de l'iode capté ; la seconde $T_2 = 7,2$ jours intéresse seulement 3 % de l'iode.

La malade subit une nouvelle intervention. Le carcinome est encore plus différencié : un follicule de temps en temps au milieu de cellule tumorale.

Pour les auteurs, le parenchyme tumoral conserve la fonction de captation mais perd celle d'organification. O'CONNOR et collaborateurs conseillent la prudence devant un nodule chaud au technetium 99 m.

Au terme de ce rappel des principaux travaux de la littérature concernant les comparaisons des données scintigraphiques de l'iode 131 et du technetium 99 m, quelles sont :

- . la fréquence moyenne des discordances observées
- . la fréquence relative des différents types de discordance.
- . l'incidence des cancers parmi ces cas ?

Avant de répondre à ces questions, il est nécessaire de faire quelques remarques :

. il existe 2 types de travaux dans la littérature. Les premiers correspondent à des statistiques sans ou peu de préselection des malades. Ces travaux (STRAUSS (73), SHAMBAUGHS (63), ATKINS (2), PLANCHON (58) et BARVINSKI (3) auxquels

nous pouvons ajouter notre statistique. Ces travaux concernent ainsi un groupe plus ou moins homogène de 921 malades. Les seconds concernent soit un groupe de patients pré sélectionnés (MARJEAN (50)) soit des cas isolés de discordances. L'intégration de ces derniers résultats aux précédents est délicate voire impossible.

. la méthodologie utilisée est différente d'un auteur à l'autre ; parfois même dans le même travail, certains malades sont explorés à l'aide d'un scanner conventionnel et d'autres à l'aide d'une gamma caméra. Les activités d'indicateurs nucléaires utilisées, la durée des scintigrammes et le nombre d'impulsions enregistrées sont très variables.

.. certaines discordances ne sont pas bien décrites ou ne sont pas bien démonstratives.

.. le type des discordances rapportées n'est pas toujours signalé assez clairement pour pouvoir en faire un recensement.

Dans la littérature il a été décrit 78 cas de discordance. Sur le tableau n° 17, 7 sont indiqués, pour les 6 types de discordance possibles, les nombres de cas connus. Les nombres inscrits entre 2 types correspondent à des descriptions peu explicites des discordances ne permettant qu'une définition approximative du type de discordance. Les nombres inscrits après les signes plus correspondent à notre statistique. La lecture de ce tableau montre que les discordances avec fixation locale du technetium supérieure à celle de l'iode sont les plus fréquentes :

- . 66 cas du groupe Tc plus capté que I*
Il y a 19 cancers parmi ces cas.
- . 12 cas du groupe Tc moins fixé que I*
Parmi ces cas il y a 1 cancer.

Le tableau n° 18 indique les résultats des statistiques sans pré sélection en ce qui concerne le nombre de patients examinés, les discordances constatées (nombre et fréquence) et les cancers parmi ces discordances (nombre et type anato-mo pathologique). La lecture de ce tableau permet les réflexions suivantes :

. la fréquence des discordances retenues dans la littérature varie de 3,4 à 12 %. Sur l'ensemble des six statistiques présentées, il y a 50 discordances parmi 921 cas, ce qui fait une fréquence moyenne égale à 5,42 %.

. l'incidence des cancers parmi ces six statistiques est définie par 2 cancers parmi les 50 discordances correspondant aux 921 malades. Ainsi la fréquence des cancers est égale à 4 % des discordances scintigraphiques et à 0,20 % de toutes les explorations réalisées.

La lecture d'autres travaux correspondant à des présentations d'une discordance, permet de recueillir 28 autres discordances parmi lesquelles 18 correspondent à des cancers thyroïdiens. Ceci porte à 78 le nombre des discordances et à 20 celui des cancers parmi ces discordances.

Sur le plan histologique, parmi les 78 discordances on note :

- 20 lésions néoplasiques se répartissant en :

- . 15 cancers folliculaires
- . 3 cancers folliculo papillaires
- . 1 cancer folliculo trabéculaire
- . 1 cancer folliculaire et indifférencié.

Le travail de MARJAN est assez significatif. 14 discordances correspondant à des cancers folliculaires dans 12 cas et à des cancers papillaires avec composante folliculaire dans les 2 autres. Dans tous les autres cas de la littérature, il y a toujours eu une composante folliculaire plus ou moins importante :

- 58 lésions bénignes non toujours authentifiées par un examen anatomopathologique. Les étiologies citées dans la littérature sont : thyroïdite d'HASHIMOTO (ATKINS), thyroïdite de QUERVAIN (SHAMBAUGH), goitre multi nodulaire colloïde, goitre adénomateux, adénome à cellule de HURTLE, adénome folliculaire, adénome trabéculaire.

TABLEAU n° 17

DISCORDANCES Tc 99m - I*
EN SCINTIGRAPHIE THYROIDIENNE

		Aspect avec iode radio-actif		
		Chaud	Tiède	Froid
Aspect avec Tc 99m	Chaud		8 + 6 19	16 + 1
	Tiède	1		15 + 1
	Froid	3 2	4 + 2	

Fixation Tc > I 66 dont 19 cancers

Fixation Tc < I 12 dont 1 cancer

Cumul des discordances répertoriées dans la littérature, avec celles découvertes dans notre étude.

DISCORDANCES Tc 99m - I* EN SCINTIGRAPHIE THYROÏDIENNE

Statistique	Nombre de malades	Discordances		Cancers	
		Nombre	%	Nombre	Nature
STRAUSS	56	2	3,57	0	-
SHAMBAUGHS	204	7	3,43	1	Folliculo-papillaire
ATKINS	102	5	4,6	0	-
PLANCHON	116	14	12,0	1	Trabéculo-vésiculaire
BARVINSKI	153	12	7,8	0	-
PERSONNELLE	290	10	3,44	0	
TOTAL	921	50	5,42	2	
Autres		28		18	Composante folliculaire

- Tableau n° 18 -

INTERPRETATION DES RESULTATS

I - CONDITIONS DE VALIDITE

Les éventuelles discordances, discrètes ou nettes, entre les scintigrammes à l'iode 131 et ceux au technetium 99 m peuvent être dues :

- . à la méthodologie utilisée
- . aux affinités différentes du parenchyme thyroïdien (sain et pathologique) vis-à-vis de l'iode et du technetium
- . aux difficultés d'interprétation en cas de documents peu contrastés.

Certaines *conditions* doivent être vérifiées pour qu'une comparaison soit valable et qu'une explication puisse être proposée :

- . Les scintigrammes doivent avoir été réalisés à l'aide du même type de détecteur : la comparaison d'un tracé pratiqué avec un scintigraphe conventionnel et d'un autre obtenu grâce à une caméra est impossible sinon délicate.
- . Les installations scintigraphiques doivent être adaptées au rayonnement émis par les radio nucléides utilisés. Ce problème se pose surtout pour les scintigraphes conventionnels : choix de collimateurs différents pour l'iode 131 et pour le technetium 99 m.
- . Les scintigrammes doivent explorer les mêmes phénomènes physiologiques. Généralement, cette condition n'est pas vérifiée. Les examens scintigraphiques de la thyroïde sont pratiqués vers le maximum de la fixation du technétium 99 m et de l'iode 131. Cependant malgré cette similitude apparente, le scintigramme au Tc 99 m explore la répartition dans l'espace, de la capacité de concentration alors que le tracé à l'iode 131 fournit la distribution intra thyroïdienne de l'iode (inorganique surtout).
- . Les documents à comparer doivent être de qualité équivalente et présenter un contraste minimum. Des scintigrammes à précompte sont très intéressants : ils facilitent la mise en évidence des éventuelles discordances et en cas de discordance, orientent la discussion sur des problèmes physiopathologiques.
- . Sur les scintigrammes, les nodules palpables doivent être repérés avec précision. Ce repérage est indispensable aussi bien pour l'interprétation d'un document que pour la comparaison de deux scinti-

grammes du même patient.

Les comparaisons présentées dans la littérature, ainsi que les nôtres, sont loin de répondre aux conditions précédentes ! Il est en particulier impossible avec une gamma caméra, de réaliser des scintigraphies à l'iode 131 et au technetium 99 m avec le même nombre total d'impulsions. Pour notre travail une discussion serrée a eu lieu à propos de 4 dossiers sans aboutir à une conclusion à la majorité quant à l'existence (ou à l'absence) de discordances.

Les éléments de la discussion des discordances sont :

- . soit d'ordre physique
- . soit d'ordre physiologique.

- BASES PHYSIQUES DE LA COMPARAISON DES DOCUMENTS

L'interprétation des discordances doit s'appuyer sur les caractéristiques :

- . physiques des indicateurs nucléaires utilisés. Ces caractéristiques sont en faveur du technetium : les activités utilisées, l'énergie du rayonnement et le nombre total élevé des impulsions recueillies expliquent la qualité des documents et la meilleure définition des lacunes avec le technetium.

- . des détecteurs

Les avantages des scintigraphes conventionnels sont leur meilleure résolution, l'obtention de documents en vraie grandeur et la bonne précision du repérage des nodules.

Parmi les inconvénients de ces scintigraphes il y a les artefacts dûs au mouvement de la tête détectrice, l'impossibilité de réaliser une étude dynamique de la fixation des traceurs et les problèmes de conciliation de la sensibilité et de la résolution : les faibles activités d'iode 131 employées, l'énergie des photons gammas émis font passer le problème de sensibilité avant celui de la résolution. Le phénomène inverse se produit pour le technetium 99 m.

Les avantages de la gamma camera sont la sensibilité, l'effet d'agrandissement, le meilleur rapport $\frac{\text{signal}}{\text{bruit}}$, la possibilité d'une étude dynamique et d'un traitement de l'information stockée. Il est par ailleurs, possible de réaliser des scintigraphies à précompte (ou à prétemps).

Les inconvénients de la camera sont la moins bonne résolution spatiale (qui diminue avec l'énergie) la déformation de l'image et surtout les difficultés de repérage des nodules. Sur ce point, des améliorations sont possibles du fait de l'utilisation de stylos marqueurs munis de petite source de Cobalt 57 ou de caches en plomb découpés à la taille approximative du nodule.

Lors de l'exploration avec la gamma camera, les données physiques précédentes expliquent en partie la meilleure qualité des scintigraphies au technetium 99 m.

- BASES PHYSIOLOGIQUES DE LA COMPARAISON DES DOCUMENTS

L'attitude consistant à substituer à un radio isotope (I 131 - I 123) qui s'intègre totalement dans la physiologie thyroïdienne, un radio nuclide (Tc 99 m) capté par les cellules thyroïdiennes et rejeté assez vite dans la circulation (sans subir d'organification) peut paraître critiquable.

Avant d'aborder les mécanismes proposés pour expliquer les discordances scintigraphiques, rappelons deux caractéristiques essentielles de l'exploration au Tc 99 m.

. variations imprévisibles de la captation du pertechnetate par la thyroïde.

Tous les auteurs ont insisté sur le caractère aléatoire de la captation thyroïdienne du pertechnétate avec des variations imprévisibles parfois très importantes non corrélées avec un processus pathologique ou une thérapeutique médicale. Nos diagrammes concernant la distribution des rapports des index de fixation et de concentration objectivent nettement ce phénomène.

. contraste physiologique meilleur au cours de l'exploration à l'iode 131.

Le rapport des activités thyroïdiennes et extra-thyroïdiennes varie de $\frac{10}{1}$ à $\frac{50}{1}$ à la 24ème heure pour l'iode et de $\frac{2}{1}$ à $\frac{4}{1}$ à la 30ème minute pour le technetium (74). Par ailleurs avec le technetium des foyers chauds parasites (glandes salivaires - salive déglutie imprégnée de Tc 99 m) peuvent gêner l'interprétation des documents.

Signalons que ce problème est voisin de celui qui se pose lors de l'exploration des métastases osseuses avec le strontium 87 m (tracés précoces) et le strontium 85 (tracés tardifs après le 6ème jour). Le contraste s'améliore avec le temps aussi bien avec le strontium 85 qu'avec l'iode 131 (à des échelles de temps différentes).

Il faut cependant signaler que dans certaines conditions le contraste des documents obtenus avec le technétium peut être meilleur. C'est le cas des taux de fixation thyroïdienne très faibles (73) : corps thyroïde saturé par un produit iodé ou exploration en cours de traitement hormonal. Ceci est vraisemblablement dû à l'utilisation d'activités assez élevées de technetium.

Les discordances rapportées dans la littérature correspondent le plus souvent à des foyers plus chauds au technetium qu'à l'iode radio actif. Pour expliquer ce type discordance, 4 mécanismes ont été proposés :

. Hypervascularisation

Lors d'une exploration scintigraphique un foyer chaud peut présenter 2 composantes : l'une correspondant à une captation cellulaire du traceur, l'autre plus passagère est la composante vasculaire. Généralement l'intensité relative de la première composante est très prépondérante par rapport à la seconde. L'aspect chaud précoce d'un nodule thyroïdien pourrait-il refléter une hypervascularisation locale et non une concentration réelle du technetium dans les vésicules thyroïdiennes ? Dans l'affirmative cette hypervascularisation pourrait expliquer une éventuelle discordance du type aspect chaud précoce au Tc 99 m - aspect tiède ou même

froid plus tardif à l'iode. Ce mécanisme a été proposé par SCHALL en 1973 (62).

La réalité de l'hypervascularisation de certaines lésions thyroïdiennes (cancer en particulier) est démontrée en particulier par l'étude des débits à l'aide des indications nucléaires et par la thermographie.

Des travaux récents (18 - 29 - 80) ont montré que le régime circulatoire des nodules était très variable. Les débits sont élevés dans les adénomes fonctionnels bénins, les adénomes toxiques et les cancers thyroïdiens. Les débits sont habituellement faibles dans les adénomes non fonctionnels. Les débits sont nuls dans les adénomes toxiques anciens avec kystisation centrale et les goitres anciens.

Plusieurs travaux ont été consacrés à la thermographie des nodules thyroïdiens. Rappelons que l'aspect thermographique d'une zone dépend de la vascularisation locale et de la conductibilité thermique des tissus. Les travaux concernant la thermographie thyroïdienne ont tous mis l'accent sur l'hyperthermie importante et parfois diffuse des nodules néoplasiques. Au centre Léon Bérard, nous avons pu comparer les données de la scintigraphie thyroïdienne et de la thermographie pratiquée à l'aide des cristaux liquides. La répartition des lésions a été la suivante :

- . 20 cas de lésions bénignes : 8 adénomes toxiques, 5 hématoécèles, 4 kystes séreux, 2 kystes colloïdes et 1 thyroïdite.
- . 16 cas de cancers thyroïdiens : 10 orthoplasiques, 3 anaplasiques et 3 divers.

Le tableau n° 18 indique les résultats obtenus. Les conclusions de ce travail réalisé par le Dr ZERBIB peuvent être présentées de la manière suivante :

- . un nodule froid à l'iode 131 (et au technetium 99 m) et très hyperthermique est très probablement néoplasique : 14 cancers parmi les 17 nodules froids sur les scintigrammes et chauds (ou très chauds) sur les thermogrammes contre 2 cancers seulement parmi les 11 nodules hypo- ou normothermiques.

- . un nodule froid sur le scintigramme et sur le thermogramme est probablement d'origine bénigne.

- . les adénomes toxiques ont présenté un aspect thermographique normal dans 6 cas et chauds dans 2 cas.

Les données précédentes concernant les débits et la thermographie confirment l'hypervascularisation de certaines lésions thyroïdiennes (cancer...). Elles ne permettent cependant pas de retenir cette hypervascularisation comme un élément d'interprétation de discordances scintigraphiques. Certes la vascularisation locale tient sous sa dépendance la captation d'un traceur par un parenchyme : ainsi certaines métastases osseuses mal vascularisées non décelées sur des tracés précoces réalisés avec le Sr 87 m (ou le F 18) peuvent être mises en évidence lors d'une exploration tardive (6^e jour) avec l'isotope 85 du strontium ; par ailleurs les angiomes hépatiques n'ont pas toujours une traduction scintigraphique nette (sous forme de foyer chaud). Ils revêtent habituellement l'aspect de zones lacunaires ou hétérogènes sur des tracés semi-tardifs.

La captation du technetium par les vésicules thyroïdiennes est un processus rapide aboutissant très vite à une concentration tissulaire supérieure à celle

TABLEAU n°19

		ASPECT THERMOGRAPHIQUE			
		hypothermie normothermie	hyperthermie locale et modérée	hyperthermie importante et diffuse	TOTAL
Aspect scintigra- phique	N.F.	11 (2)	7 (5)	10 (9)	28 (16)
	N.C.	6 (0)	2 (0)	0	8 (0)
	TOTAL	17 (2)	9 (5)	10 (9)	36 (16)

COMPARAISON DES DONNEES SCINTIGRAPHIQUES ET THERMOGRAPHIQUES
DANS LES NODULES THYROÏDIENS

- les chiffres entre parenthese correspondent au nombre de canceurs
 decouverts chez les malades examinés.
 (Travail du Centre Léon Bérard - Dr ZERBIB).

sanguine. En cas de fixation thyroïdienne normale, l'image thyroïdienne précoce est peu "parasitée" par la vascularisation locale. Seule l'utilisation systématique de la technique cinéscintigraphique pourrait peut-être objectiver un "flash chaud très précoce" (angioscintigraphie) en regard éventuellement de lésions non fonctionnelles sur les scintigrammes tardifs à l'iode.

En conclusion, en l'état actuel de nos connaissances, l'hypervascularisation ne peut pas être retenue comme mécanisme d'explication de discordance nodule chaud au Tc 99 m (1/2 heure) froid à l'iode 131.

. Comportement de la membrane des cellules thyroïdiennes différent vis-à-vis de l'ion pertechnétate et de l'ion iodure.

La conservation de la fonction de concentration du technetium et la réduction de celle de l'iode au niveau des lésions pourraient aboutir à un aspect chaud au technetium et froid à l'iode 131. Ce mécanisme n'est pas conforme aux données physiologiques classiques : similitude du comportement de la membrane des vésicules vis-à-vis des 2 traceurs due à la configuration analogue de l'iode et du technetium. Ce mécanisme est possible au niveau des cellules pathologiques.

. Nette accélération de toutes les phases du cycle de l'iode dans le nodule sans blocage de la TSH endogène.

L'aspect chaud précoce au technetium serait le reflet de l'hyperactivité des cellules thyroïdiennes du nodule. L'examen plus tardif avec l'iode 131 (24^e heure) explore ces nodules hyperfonctionnels à un moment où ils sont "épuisés, vidés", ce qui explique l'aspect froid.

Théoriquement possible, ce mécanisme, proposé par USHER, SCHAMBAUGH (78 - 63) nécessiterait une accélération importante du cycle intra cellulaire de l'iode. Dans les cellules néoplasiques la demi vie de l'iode est comprise entre 0,6 j. et 2,5 jours, alors que dans les cellules thyroïdiennes normales, elle est proche de 8 jours (POCHAIN). Au niveau de certains foyers métastatiques, nous avons pu étudier la dynamique de fixation de l'iode 131 :

les courbes obtenues pour les métastases fonctionnelles présentent les caractéristiques d'un métabolisme accéléré : ascension rapide, maximum précoce et angle de fuite. Cet aspect du métabolisme du radio Iode est observé à l'état pur en cas de métastase spontanément fonctionnelle ; il est plus net en cas d'utilisation de la TSH exogène pour créer de toute pièce une fixation du traceur par les métastases. Le rapport entre la fixation maxima et celle à la 24^e heure varie entre $\frac{1,5}{1}$ et $\frac{4}{1}$.

les courbes obtenues rappellent les tracés avec "angle de fuite" observés en cas d'hyperthyroïdie. Au niveau du parenchyme néoplasique thyroïdien, cette accélération des processus métaboliques pourrait expliquer une discordance du type foyer chaud précoce (Tc 99 m) foyer froid tardif (I 131). La réalisation de scintigrammes précoces et tardifs à l'iode permettrait de reconnaître ce mécanisme en cas de discordance. La réalisation systématique de 2 scintigrammes au Tc 99 m (15 minutes et 5 heures) et de 2 scintigrammes à l'iode 131 (2^e et 24^e heures) chez 25 malades ne nous a pas montré de différence significative.

. accentuation et accélération de la sécrétion de l'iode sous forme non hormonale.

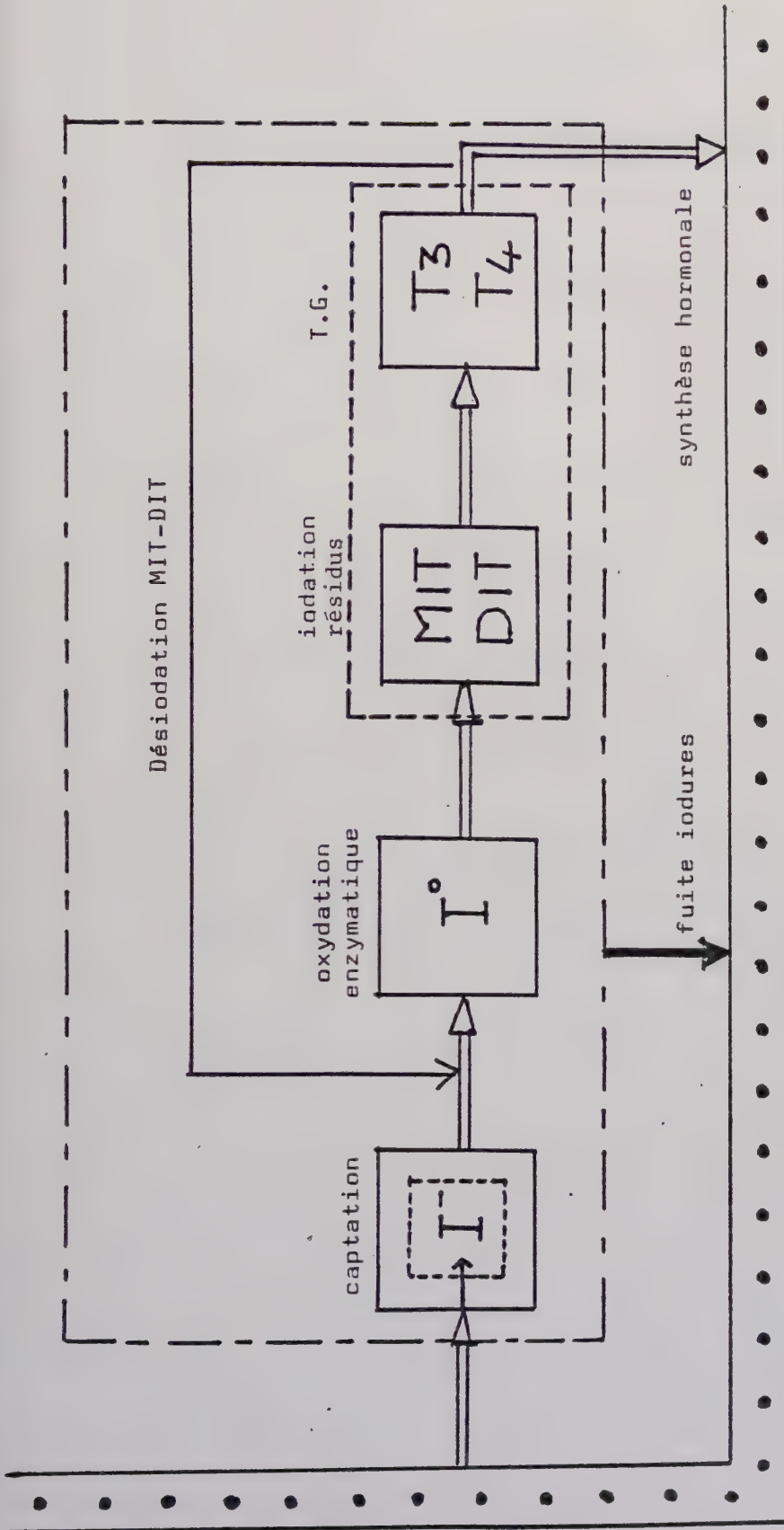
La fuite des iodures est un phénomène normal mais mineur par rapport à la sécrétion hormonale de l'iode. Dans certaines conditions, cette "voie dérivée" pourrait devenir prépondérante. Cette fuite de l'iode par une voie différente de celle de la synthèse hormonale a été mise en évidence dès 1966 (54) sur des métastases ou, après thyroïdectomie, sur des récidives de cancers thyroïdiens.

Pour étayer cette hypothèse, signalons qu'il a été démontré que, dans les cellules néoplasiques, l'iodation se fait mal. Par ailleurs, il a été mis en évidence dans les cellules néoplasiques une diminution du taux de la peroxydase, enzyme indispensable pour l'oxydation des iodures (58^b).

Les figures 20 - 21 - 22 - 23 - 24 schématisent le devenir de l'iode et du technetium dans la thyroïde ainsi que les 4 mécanismes précédents proposés pour expliquer les discordances du type fixation Tc 99 m supérieure à celle de l'iode 131.

Les cas moins fréquents de discordance du type nodule froid au Tc 99 m et chaud à I 131 ont été moins bien étudiés sur le plan du mécanisme : ralentissement de l'entrée du Tc 99 m et de I 131 conduisant à une fixation tardive (24^e heure) relativement plus importante permettant d'obtenir des documents à l'iode plus nets que ceux au technetium plus que des "inversions" de la fixation relative du nodule par rapport au reste du parenchyme. C'est ce que nous avons constaté avec les malades expertisés après chirurgie presque totale pour cancer thyroïdien et présentant des récidives locales.

En conclusion, il faut opposer la relative faible fréquence des discordances scintigraphiques franches (type "inversion") et le nombre de mécanismes proposés... et non forcément retenus. Les discordances représentent peut-être des données physio pathologiques complémentaires que nous ne savons pas bien interpréter actuellement. Il est donc nécessaire de poursuivre la comparaison systématique des scintigraphies au Tc 99 m et à I 131 à des temps précoces et tardifs.



- Tableau n° 20 -

Schéma de la physiologie intra thyroïdienne de l'iode et du ^{99}mTc .

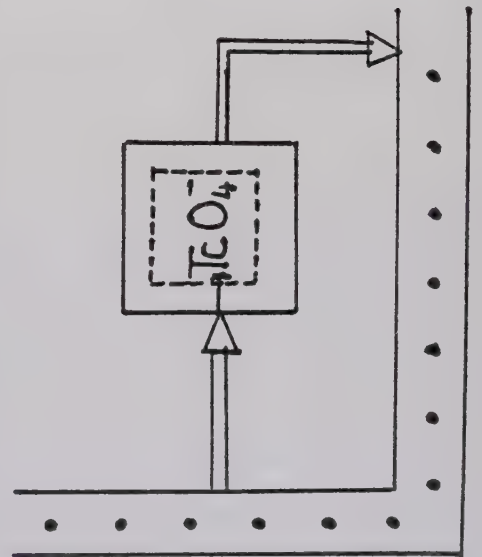
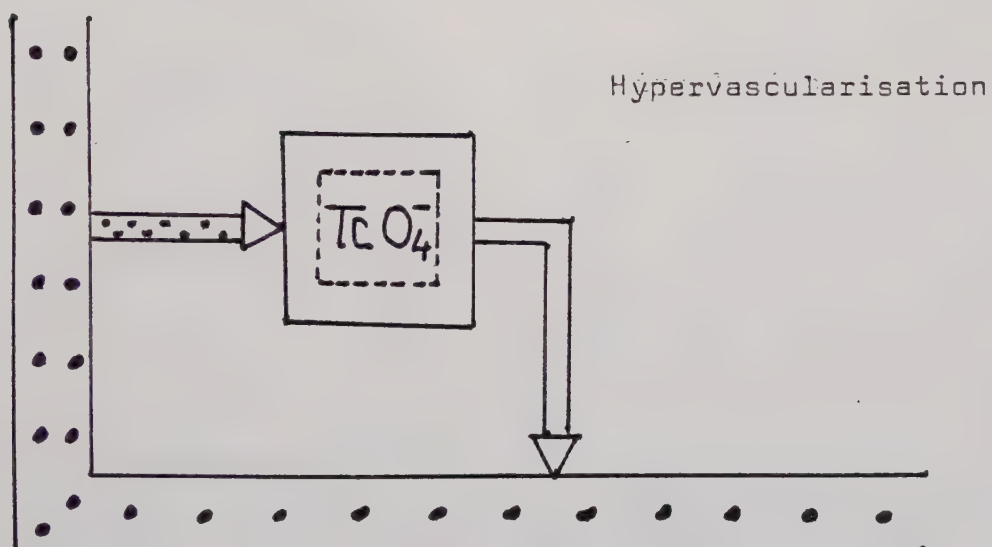
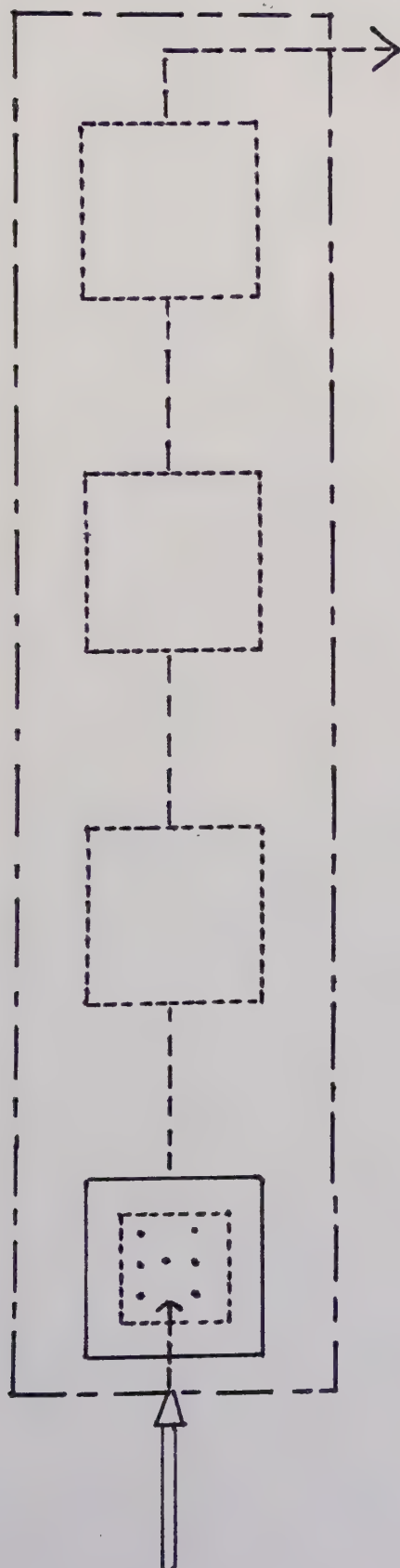


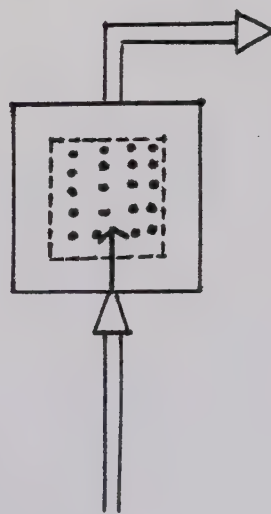
TABLEAU n° 211er MECANISME, 1'HYPERVASCULARISATION DES LESIONS



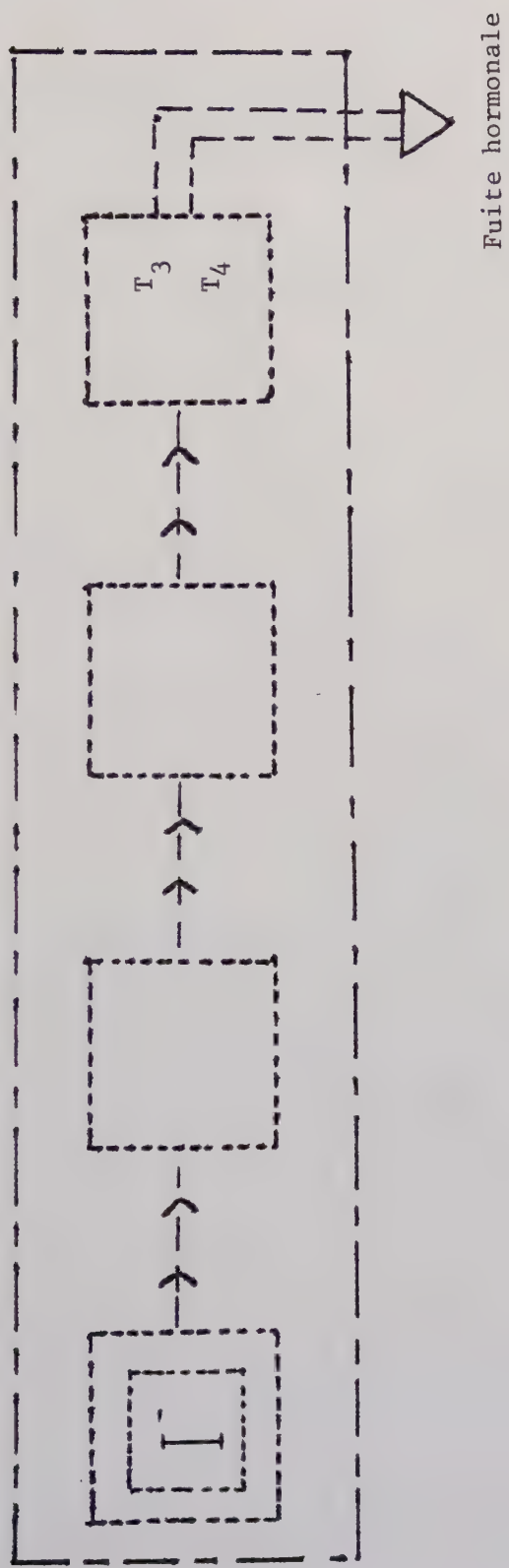
- Tableau n° 22 -

2ème MECANISME

Comportement différent de la membrane cellule thyroïdienne
vis-à-vis du technétium et de l'iode.



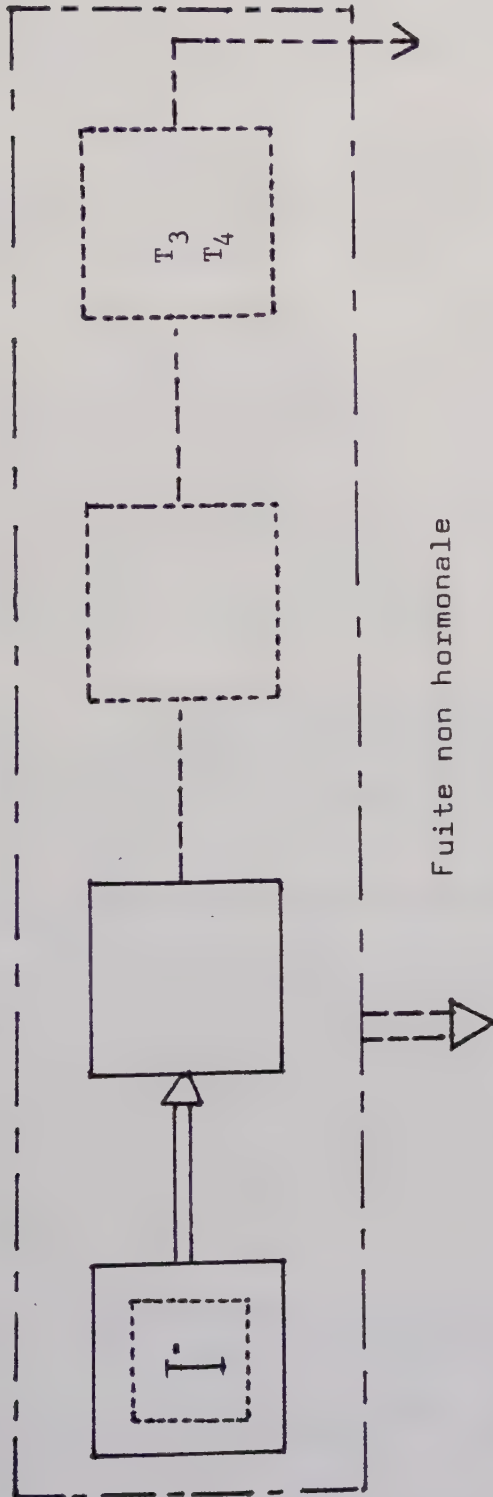
3ème MECANISME



- Tableau n° 23 -

NETTE ACCELERATION DE TOUTES LES PHASES DU CYCLE DE L'IODE DANS LE NODULE, SOUS BLOCAGE
DE LA TSH ENDOGENE

4ème MECANISME



- Tableau n° 24 -

ACCENTUATION ET ACCELERATION DE LA SECRETION DE L'IODE SOUS FORME NON HORMONALE

C O N C L U S I O N S

Depuis 1970, nous avons entrepris l'étude comparative du technetium 99m et de l'iode radio-actif (I 131 ou I 123) dans l'exploration scintigraphique thyroïdienne. A propos de 290 malades explorés en double, nous avons voulu apprécier les performances des différents indicateurs nucléaires et étudier le problème des discordances.

La répartition des malades explorés fait apparaître 42 cas de thyroïdes normales à la palpation, 25 cas de goîtres homogènes, 147 cas de nodules uniques, 56 cas de nodules multiples et 20 cas de régions cervicales normales après chirurgie thyroïdienne (partielle ou totale).

Chez 205 malades, la double exploration scintigraphique a été réalisée avec le technetium 99m et l'iode 131; chez 85 malades, elle a été réalisée avec le technetium 99m et l'iode 123. Dans l'ensemble, les scintigraphies ont été pratiquées 1/2 heure après l'administration du technetium et 24 heures après l'ingestion d'iode radio-actif. Généralement ces 2 scintigraphies ont été obtenues immédiatement l'une après l'autre sans mobilisation du malade. Chez 44 patients une 3ème scintigraphie a été réalisée 24 heures après l'administration du technetium 99m avec une dose moyenne de .8 millicuries de technetium 99m. Les explorations ont été pratiquées à l'aide d'une caméra PHO-GAMMA III HP. attelée à une unité de stockage et de traitement de l'information (étude quantitative et possibilité d'étude dynamique).

La comparaison des résultats a été réalisée, d'une part, sur le plan qualitatif par l'étude visuelle des scintigrammes ; d'autre part, après traitement de l'information par la détermination d'index de fixation et d'index de concentration relative du technetium 99m et de l'iode pour les différentes régions de la thyroïde.

Les résultats des comparaisons visuelles des 290 explorations en double objectivent :

- 280 cas de concordances avec en particulier le même aspect des nodules avec le technetium précoce et avec le radio-iode.
- 10 cas de discordances dont 7 discordances discrètes correspondant à des foyers visibles uniquement sur l'un des scintigrammes (sans nodule palpable) et 3 discordances plus nettes : chez un malade, la scintigraphie au technetium précoce objective 2 nodules chauds ; par contre, la scintigraphie à l'iode 131 a montré un foyer chaud et un foyer froid (intervention : goître colloïde). Dans les 2 autres cas, la discordance nette correspondait à des foyers supplémentaires (sans nodule palpable) visible uniquement sur l'un des scintigrammes.

La comparaison des scintigraphies tardives au technetium 99m (24 ème heure) avec les autres documents chez 44 malades a montré 6 discordances.

- 1 cas de nodule chaud au technetium 99m (temps précoce et temps tardif), et froid à l'iode 131 correspondant à un goître colloïde(déjà cité précédemment).
- 5 cas de nodules froids au technetium 99m précoce et à l'iode 131 se "réchauffant" partiellement sur les scintigrammes tardifs au technetium 99m. L'examen anatomo-pathologique a montré : 1 kyste colloïde dans 1 cas, et 1 hématoçèle dans les 4 autres cas de discordances "retardées".

L'étude quantitative a objectivé une grande dispersion de la fixation relative (au technetium 99m par rapport à l'iode 131) des nodules thyroïdiens. Cette dispersion n'est corrélée ni avec une thérapeutique médicale, ni avec un processus physio-pathologique.

Plusieurs travaux de la littérature ont été consacrés aux discordances scintigraphiques dans l'étude de la thyroïde par le technetium 99m et l'iode radio-actif.

La comparaison de ces différents travaux n'est pas toujours possible du fait de la diversité des méthodes utilisées (parfois dans le même travail) et parfois de l'insuffisance des renseignements concernant les cas rapportés ou les statistiques présentées.

Les données de la littérature montrent :

- La fréquence variable des discordances plus ou moins nettes. les valeurs extrêmes retenues parmi les statistiques étudiées sont : 3,43 % et 12 %.

- La fréquence relative plus grande des cas de discordances avec fixation du technetium 99m, par les nodules, supérieure à celle de l'iode.

- La relative faible fréquence des cancers parmi les discordances présentées par des statistiques relativement importantes.

- L'absence de corrélation avec un processus pathologique donné. Les hypothèses proposées pour expliquer ces discordances, les unes d'ordre physique, les autres d'ordre physio pathologique.

La poursuite du travail s'avère nécessaire, tant dans le cadre du Centre Léon Bérard, que dans celui d'une action concertée entre différents services spécialisés.

La mise sur pieds d'un protocole d'examen est indispensable avec en particulier :

- La réalisation des scintigraphies précoces et tardives aussi bien avec le technetium 99m qu'avec l'iode radio-actif.

- L'étude de la dynamique de fixation des indicateurs nucléaires.

- L'utilisation de l'isotope 123 de l'iode.

Vu, le Directeur de l'U. E.R.

Grange - Blanche

Professeur B. SALLE

Le Président de la Thèse

Professeur M. BERGER

*VU ET PERMIS D'IMPRIMER
LYON, le 9 DECEMBRE 1977*

Le Président de l'Université Claude Bernard

Professeur D. GERMAIN

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - ATKINS H.L.
Technetium pertechnetate uptake and scanning in the evaluation of the thyroid function.
Seminars nucl. med. 1971, 1, 345.
- 2 - ATKINS H.L. KLOPPER J.F. LAMBRECHT R.M.
A comparaison of technetium 99m and iodine 123 for thyroid imaging.
Am. j. roentgenol radium ther. nucl. med. 1973, 117, 195-201.
- 3 - BARVINSKI
Etude comparative du technetium 99m et de l'iode radio-actif dans les scintigraphies de la thyroïde.
Thèse 1977 Paris.
- 4 - BAUMANN E.J.
Behavior of thyroid toward elements of seventh periodic group.
Am. j. physiol. april 1956, 185, 71-76.
- 5 - BEASLEY J.M. PALMER H.E. and NELP W.B.
Distribution and excretion of technetium in humans.
Health physics, 1966, 12, 1425.
- 6 - BECQUEVORT P.A.
Contribution à l'étude du 99 mTc pertechnetate comme traceur dans les affections thyroïdiennes.
Université de Liège. Centre inter facultaire des Sc. nucl. 1968.
- 7 - BECQUEVORT P.A.
Le technetium 99m, émetteur médical à potentialités multiples.
Rev. med. de Liège. Vol. 23, 1968.
- 8 - BECQUEVORT P.A. MERCHIE G. MOUCHETTE R.
Intéret du 99 mTc pour le diagnostic en médecine interne.
Commun. présentée à la soc. belge de med.int. le 18/2/1967.
- 9 - BERGER M. BRIERE J.
Exploration thyroïdienne et médecine nucléaire.
Cah. med. lyonnais 1975, 51, 445-455.
- 10 - BERGER M.J.
Energie deposition in water by photons from point isotopic sources.
J. of nucl. med. suppl. 1968, 1, 15-25.
- 11 - BERMAN M. HOFF E. BARANDES M. BECKER D.V. ...
Iodine kinetics in man.
J. clin. endocrin. 1968, 28, 1.

- 12 - BLUE J.W. SODD V.J. SCOLZ K.L. ...
Iodine 123 production for use in nuclear medicine by spallation of xenon.
J. of nucl. med. 1973, 1, 51-52.
- 13 - BOK B. PEREZ R. TUBIANA M.
La scintigraphie thyroïdienne.
Rev. prat. 1971, 21, 2065.
- 14 - BOLLIGER T.T. WITCOFSKI R.L. WHITLEY J.E. ...
Demonstration of extra cervical neoplasm with 99 mTc pertechnetate.
J. nucl. med. 1965, 6, 687-689.
- 15 - BORNER W.
99 mTc in thyroid gland, salivary gland and brain tumor diagnosis.
Ber. phys. med. ges. wuerzburg 1967, 73, 57-68.
- 16 - BRIERE J. FL.GOYON
Intérêt de l'utilisation de l'iode 123 en exploration thyroïdienne.
Lyon med. 1977, 237, 5, 405-416.
- 16 bis - BRIERE J. PHILLIPON B. GODART J.
Dosimétrie sur fantôme de thyroïde de l'iode 123.
Ray-ionisants 3, 75, 113-122.
- 17 - BROWNELL G.L. ELLET W.H. REDDY A.R.
Absorbed fractions for photon dosimetry.
J. nucl. med. suppl. n°1 feb. 1968, 27-39.
- 18 - BRU A. COMBES P.F. VERGNES R. ...
Le taux d'épuration du xénon 133, index de l'activité circulatoire des tissus tumoraux.
Radiol. electrol. 1967, 48, 281.
- 19 - CHARKES M.D.
Scintigraphic evaluation of nodular goiter.
Seminars nucl. med. 1, 316.
- 20 - CHATAL J.F. GUILHARD R. NOMBALLAIS M.F.
Scintigraphie thyroïdienne discordante avec l'iode 131 et le technetium 99m.
Nouv. presse med. 1976, 5, 797.
- 21 - CHEGUILLAUME J. MALINOWSKI A. MINIER J.
Interet de l'emploi du technetium 99m dans l'exploration de la thyroïde et du cerveau.
J. radiol. elect. med. nucl. 1968, 49, 49.
- 22 - DARGENT M. COLON J. LAHNECHE B. SESTA A.
Les métastases osseuses du cancer thyroïdien.
Ann. radiol. 1970, 13, 483.
- 23 - DILLMAN L.T.
Radionuclide decay shemes and nuclear parameters for use in radiation dose estimation.
J. nucl. med. suppl. n°2 march 1969, V10, 7-32.

- 24 - FITZGERALD P.J. FOOTE F.W. MILL R.F.
Concentrational ^{131}I in thyroid cancer shown by radio-
autoradiography.
Cancer 1950, 3, 86.
- 25 - FUSCO M.A. PEEK N.F. JUNGEMAN J.A. ...
Production of carrier-free ^{123}I using the ^{127}I (p, 5n) ^{123}Xe
reaction.
J. nucl. med. 1972, 13, 729-732.
- 26 - GLASS H.I.
New application of radiopharmaceuticals labelled with cyclotron
produced radionuclear.
Medical radioisotope scintigraphy.
Proceeding of a symposium; Monte-Carlo; october 1972, 22-28.
- 27 - GOOLDEN A.W.G. GLASS M.I. SILVESTER D.J.
The choice of a radioactive isotope for the investigation of
thyroid disorders.
Brit. j. radiol. 1968, 41, 20-25.
- 28 - GOTTSCHALKA
Radioisotopic scintiphotography with ^{99}mTc and the gamma scin-
tillation camera.
Amer. j. of Roentgenology 1966, 97, 860-868.
- 29 - GUIRAUD R. REGIS H. VERGNES R.
Débits sanguins locaux.
Traité de med. nucl. exploration fonctionnelle
Editions Flammarion medecine science 8, 157-167.
- 30 - HARPER P.V. ANDROS G. LATHROP K.A. ...
 ^{99}mTc as a biological tracer.
J. nucl. med. 1962, 3, 209.
- 31 - HARPER P.V. ANDROS G. LATHROP K.A.
Preliminary observations on the use of 6 hours Tc $^{99\text{m}}$ as a tracer un
biology and medicine. Argonne Cancer Research Hospital.
Semiannual report of the A.E.C. 1962, 18, 76.
- 32 - HARPER P.V. BEK G. CHARLESTON D. LATHROP K.A.
Optimization of a scanning method using ^{99}mTc .
Nucleonics 1964, 22, 50.
- 33 - HARPER P.V. LATHROP K.A. ANDROS G. ...
 ^{99}mTc as a clinical material (jan. 1964).
Radioactive isotope in clinic und Forschung 1965, 6, 136-145.
- 34 - HARPER P.V. LATHROP K.A. MC CARDLE R.J. ANDROS G.
The use of ^{99}mTc as a clinical scanning agent for thyroid,
liver and brain.
Med. radioisotope scanning, 2, int. atomic energy agency, Vienna 33 196
- 35 - HARPER P.V. LATHROP K.A. JIMENEZ F. FINCK R. ...
Tc $^{99\text{m}}$ as a scanning agent.
Radiology, 1965, 85, 101-109.

- 36 - HARPER P.V. WEISS L. LATHROP K.A. ANDROS G. SIEMENS N.
Metabolism of 99 mTc.
Radiation Research 1962, 16, 593.
- 37 - HIRABAYASHI S. KOGA Y. KITAHARA T.
Inconsistent images of thyroid nodule, scintigrams made with
iodine and pertechnetate : case report.
J. nucl. med. 1975, 16, 918.
- 38 - HUPF H.B. ELDRIDGE J.S. BEAUER J.E.
Production of iodine 123 for medical application.
Int. j. appl. radiat. isot. 1968, 19, 345-351.
- 39 - HURLEY P.J. STRAUSS H.W. PAVONI P. ...
The scintillation camera with pinhole collimator in thyroid imaging;
Radiology, 1971, 101, 133-138.
- 40 - INGRAND J.
Application du technetium 99M à l'exploration fonctionnelle de
la thyroïde.
J. biol. med. nucl. 1968, 3, 15.
- 41 - JUNGERMAN J. GODART J. BEABED A.
Préparation de l'iode 123.
Inst. des sciences nucl. de Grenoble; rapport annuel 1972.
- 42 - KASEM I. GELINSKY P. SCHENK P.
Organe visualization with technetium 99m preparations.
Br. j. radiol. 1967, 40, 292;300.
- 43 - KOVALCHOK N.D. KOTLYAROU E.V. SEDOU V.V. ...
The result of a experimental and clinical study of pertechnetate 99mTc
Med. Radiol. 1967, 12/12, 21-26.
- 44 - LAHNECHE B. TOUSSET J. MONTES M. GERSON A. ...
Service des radio-isotopes Centre Leon Berard Lyon.
Intérêt de l'isotope 123 de l'iode en pathologie thyroïdienne.
Compte rendu du XVIème colloque de med. nucl. de langue française
Tome I, 1, 124-151.
- 45 - LAMBRECHT R.M. NORTON E. WOLF A.P.
Kit for carrier-free 123 I sodium iodide.
J. of nucl. med. 1973, 14, 2, 269,273.
- 46 - LATHROP K.A. HARPER P.V.
Diagnostic uses for 99 mTc.
Second annual OAK-RIDGE radio-isotope conference april 1964.
- 47 - LATHROP K.A. HARPER P V.
Quantitation of 99 mTc localization in stomach and intestine after
intravenous administration of Na 99 m Tc O₄ in humans.
J. nucl. med. 1968, 9, 332.
- 48 - LOEVINGER R. BERMAN M.
A schema for absorbed dose calculations for biologically dis-
tributed radionuclides.
J. of nucl. med. suppl. N° 1 feb. 1968, 7, 14.

- 49 - MC AFFEE J.G. FULGER G.F. STERN H.S. ...
The tissue distribution and diagnostic applications of 99 mTc compounds.
J. nucl. med. 1965, 6, 352.
- 50 - MARJAN E. TADEJA M. MARIJA A. RASTKO G.
Comparative accumulation of 99 mTc and I 131 in thyroid nodules :
case report. J. nucl. med. 18 : 1977, 346-347.
- 51 - MASSIN J.P. KARAM J. SAVOIE J.C.
Comparaison du technetium 99m et de l'iode 131 en scintigraphie
thyroïdienne.
Ann. endocrinologie 1970, 31, 962,968.
- 52 - MEYER W.G. ANGER H.O.
Radio-iodine 123.
J. of nucl. med. 1962, 3, 183.
- 53 - MINIER J. CHEGUILLAUME J. GESLIN J. HOUELINE J.
Intérêt pratique de l'emploi du 99 mTc dans l'exploration fonc-
tionnelle thyroïdienne de la thyroïde.
J. radiol. électrol. 1972, 53; 363.
- 54 - MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE (FRANCE).
Recommandations générales relatives à la protection contre les
radiations ionisantes.
J. O. 11 juillet 1957; revue du prat. 1958, 8, 2717-2732.
- 54 bis - MORVAN T.C. NATAF B. TUBIANA M.
Thyroid proteins and hormone synthesis in human thyroid cancer.
Acta-endocr. (KBH) 1974, 76, 651.
- 55 - NISHIYAMA H. SODD V.J. BERKE R.A. SAENGER E.L.
Evaluation of clinical value of ¹²³I and ¹³¹I in thyroid disease.
J. of nucl. med. 1973, 15, 4, 261-265.
- 56 - NOUN A. ROBERT J.
Le 99 mTc : utilisation clinique.
Feuillets électroradiologiques 1970, 10/57, 1-8.
- 57 - O'CONNOR M.K. CULLEN M.J. MALONE J.F.
A kinetic study of 131 I iodide and 99 mTc pertechnetate in thy-
roid carcinoma to explain a scan discrepancy : case report.
J. of nucl. medicine 18 n°8; august 1977, 796-797.
- 58 - PLANCHON C.
Discordances scintigraphiques dans l'étude des nodules thyroïdiens
par le technetium et l'iode 131.
Thèse 1977 Paris.
- 58 bis - REGARD E. FRAGU P. BEAUMONT A. NATAF B.
Peroxydase activity in human benign thyroid disorders : measure and
localisation in proceeding 7 th. intern. thyroid conf. Boston, 1975,
Except. med.intern. congress serie. 1976. 378

- 59 - REPORT OF ON INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY PANEL.
Thyroid radionuclide uptake measurements.
Int. J. appl. radiat. isot. 1972, 23, 305-313.
- 60 - RICHARDS P.
Comments on 99 mTc.
Intern j. appl. rad. isotopes : 17, 427, 1966.
- 61 - SANDERS T.P. KUHL D.E.
Technetium pertechnetate as a thyroid scanning agent.
Radiology 91 23-26, 1968.
- 62 - SCHALL G.L. ROTH J.A. TEMPLE R.
Differential uptake of 125 I and 99 mTc in a histologically unusual metastatic thyroid carcinoma.
J. surg. oncol. 1973, 5, 235-242.
- 63 - SHAMBAUGH G.E. QUINN J.L. OYASU R. FREINKEL N.
Disparate thyroid imaging.
JAMA, 1974, 228, 866-869.
- 64 - SILVESTER D.J. SUGDEN J. WATSON I.A.
Preparation of iodine 123 by particle bombardment of natural antimony.
Radiochem. radioanal letters 1969, 2, 17-20.
- 65 - SMITH E.M.
Activities of medical internal radiation dose committee.
J. of nucl medicine, suppl. n°1 feb. 1968, 5-6.
- 66 - SMITH E.M.
Internal dose calculations for 99 mTc.
J. nucl. med. 1965, 6, 231.
- 67 - SNYDER W.S. FORD M.R. WARNER G.G. ...
Estimates of absorbed fractions for monoenergetic photon sources uniformly distributed in various organs of a heterogeneous phantom.
J. of nucl. med. suppl. n°3 august 1969, vol 10.
- 68 - SODD V.J. BLUE J.W. SCHOLZ K.L. ...
A gas-flow powder target for the cyclotron productions of pure 123 I.
Int. j. appl. radiat. isot. 1973, 24, 171-177.
- 69 - SODD V.J. SCHOLZ K.L. BLUE J.W. ...
Cyclotron production of I 123. An evaluation of the nuclear reactions which produce this isotope.
Ushaw report BRH/DMRE oct. 1970, 70, 4.
- 70 - SODD V.J. WELLMAN H.N. BRANSON B.M.
123 I thyroid measurements a GE (Li) detector.
J. of nucl. med. 1969, 10, 136-139.
- 71 - SODDEE D.B.
The evaluation of metastatic thyroid carcinoma with technetium 99m pertechnetate.
Radiology, 1967, 88, 145.

- 72 - STEINBERG M. CAVALIERI R.R. CHOY S.H.
Uptake for technetium 99 pertechnetate in a primory thyroid carcinoma :need for caution in evaluating nodules.
J. clin. endocr. metab. 1970, 31, 81-84.
- 73 - STRAUSS H.W. HURLEY P.J. WAGNER H.N. ...
Advantage of 99 mTc for thyroid scanning in patients with decreased radio-iodine uptake.
Radiol. 1970, 27, 307-310.
- 74 - TUBIANA PEREZ
Traité de médecine nucléaire: Thyroïde.
Ed. Flammarion med. sciences.
- 75 - TUBIANA M. BONNIOT R. GELLE X. ...
Résultats de 3000 test d'exploration thyroïdienne par l'iode radio-actif.
Presse med. 1958, 66, 64.
- 76 - TURNER J.W. SPENCER R.P.
Thyroid carcinoma presenting as a pertechnetate hot nodule but without ¹³¹I uptake.
J. nucl. med. 1976, 17, 22-23.
- 77 - UMEK H. CZEMBIREK H.
99 mTc in der schil ddrüsenszintigraphie.
Nucl. medizin 1968, 7, 231.
- 78 - USHER M.S. ARZOUMANIAN A.Y.
Thyroid nodule scans made with pertechnetate and iodine. May give inconsistent result.
J. nucl. med. 1971, 12, 136-137.
- 79 - VANT HOFF W. POVER G.G. EISER N.M.
Technetium 99 m in the diagnosis of thyrotoxicosis.
Brit. med. j. 1972, 4, 203.
- 80 - VIALARS D.
Contribution à l'étude de l'activité circulatoire des nodules thyroïdiens par la détermination du taux d'épuration du xénon ¹³³.
Thèse med. Toulouse 1971.
- 81 - WAYNE E.J. KOUTRAS D.A. ALEXANDER W.
Clinical aspects of iodine metabolism.
Oxford 1964, Blackwell scientific publication ed.
- 82 - WELLMAN H.N. SODD V.J. MACH J.F.
Production and clinical development of a new ideal radio-isotope of iodine - iodine ¹²³.
In frontiers of nuclear medicine. Horstw, ed. Berlin, springer Verlag 1971, 19-30.
- 83 - WELLMAN H.N. ANGER R.T.
Radio-iodine dosimetry and the use of radio-iodine other than ¹³¹I in thyroid diagnosis.
Sémin. nucl. med. 1971, 1, 356-378.

- 84 - WELLMAN H.N. MACH J.F.
Study of preliminary experience with the use of ^{123}I for thyroid
function and scanning compared to ^{131}I .
J. nucl. med. 1968, 9, 359.
- 85 - ZARA M.
La thyroïde.
Paris 1972; expansion scientifique ed.

